



UniCEUB – Centro Universitário de Brasília  
FATECS – Faculdade de Tecnologia e Ciências  
Sociais Aplicadas  
Curso de  
Engenharia de Computação

## **ESTEIRA ROLANTE MICROCONTROLADA**

Aluna: Juliana Ferreira Carrijo  
RA 2011499/8

Brasília – DF  
Julho – 2008

UniCEUB – Centro Universitário de Brasília  
FATECS – Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais  
Aplicadas  
Curso de Engenharia de Computação

## **ESTEIRA ROLANTE MICROCONTROLADA**

Aluna: Juliana Ferreira Carrijo  
Orientador: Prof. MC José Julimá Bezerra Junior

Monografia apresentada à Banca  
Examinadora da Faculdade de  
Ciências Exatas e Tecnologia -  
UniCEUB, para Conclusão do curso  
de Engenharia de Computação.

**Brasília – DF  
Julho – 2008**

## **Dedicatória**

Eu dedico, com todo amor, este trabalho a Deus, que acreditou no meu potencial, apostou em mim e permitiu que isso tudo acontecesse. Obrigada Senhor!

## **Agradecimentos**

Primeiramente não posso deixar de agradecer a Jesus, que um dia, por amor, se sacrificou por mim.

Agradeço aos meus queridos e amados pais. Obrigada por tudo, vocês são os melhores pais do mundo. A minha linda irmã Carol, que tanto me ajudou e ao meu cunhado Gustavo. Agradeço ao meu amado Ed, por todo carinho, paciência e ajuda. A vocês que me aguentaram nos momentos mais diversos, são as minhas maiores riquezas.

Não posso esquecer os meus amigos que tanto reclamaram a minha ausência sem nunca deixar de me respeitar: Kelinha, Romina, Flávio, a minha sogrinha Nilda, Rosi, Quézia, meus familiares em geral, primos, tios e tias. Que torceram por mim durante esta longa caminhada

Aos engenheiros e professores José Julimá Bezerra Júnior, Francisco Javier De Obaldía, Maria Marony Sousa Farias Nascimento, Ricardo Zelenovsky e José de Sousa Paz Filho por toda ajuda e contribuição que me prestaram, fundamentais para a conclusão deste projeto.

## Resumo

Este trabalho consiste na construção de um protótipo de uma esteira rolante que funciona com a utilização de um motor de passo, que entrará em movimento após o acionamento de um sensor. O controle do sistema é feito por meio de um microcontrolador 8051. No momento em que o sensor detecta a necessidade de utilização da esteira rolante, o mesmo envia um sinal ao microcontrolador, que por sua vez coloca em movimento a esteira rolante, por meio de um motor de passo. O sensor utilizado é de proximidade indutivo e o programa desenvolvido para controle de todo o sistema utiliza a linguagem *Assembly*.

**Palavras-chave:** microcontrolador 8051, sensor, esteira rolante e motor de passo.

## **Abstract**

The work consists on the construction of a rolling treadmill that works with a stepping motor that will start moving after a sensor is charged. The entire system's control is done by a 8051 microcontroller. The sensor is activated at the exact moment that it detects that the rolling treadmill is going to be utilized. It sends a signal to the microcontroller wich puts the rolling treadmill into movement though the stepping motor. The sensor used is the inductive proximity and the program developed to control the entire system utilizes an Assembly language.

**Keywords:** microcontroller 8051, sensor, rolling treadmill and stepping motor.

# Sumário

Dedicatória .....	i
Agradecimentos .....	ii
Resumo .....	iii
Abstract .....	iv
Lista de Siglas .....	vii
Lista de Figuras .....	viii
Lista de Tabelas .....	x
Capítulo 1 – Introdução .....	1
1.1 – Motivação .....	3
1.2 – Objetivo Geral .....	4
1.3 – Objetivos Específicos .....	4
1.4 – Organização da Monografia .....	4
Capítulo 2 – Referencial Teórico .....	6
2.1 – Motor de Passo .....	6
2.2 – Sensor Indutivo .....	11
2.3 – Microcontrolador .....	14
2.3.1 – O Microprocessador .....	14
2.3.2 – A Família 8051 .....	15
2.3.2.1 – Pinagem do 8051 .....	16
2.3.2.2 – Interrupção .....	20
2.3.3 – Motivação para a Escolha do 8051 .....	24
2.4 – Linguagem <i>Assembly</i> .....	25
2.5 – Esteira Rolante .....	26
Capítulo 3 – Implementação da Esteira Rolante Microcontrolada .....	28
3.1 – O Kit do Microcontrolador 8051 .....	28
3.1.1 – As Características do Kit do Microcontrolador 8051 .....	29
3.2 – O Controle do Motor de Passo .....	31
3.2.1 – CI ULN 2003 .....	37
3.3 – O Controle do Sensor de Posição Indutivo .....	39
3.4 – O Programa de Controle .....	40
3.4.1 – Compilação do Programa .....	48

3.4.2 – Gravação do Programa no Microcontrolador .....	49
3.5 – Desenvolvimento da Maquete .....	51
3.5.1 – Conexão entre o Microcontrolador e o Motor de Passo ....	51
3.5.2 – Conexão entre o Microcontrolador e o Sensor Indutivo ....	54
3.5.3 – A Construção da Maquete .....	56
3.5.3.1 – Montagem da Maquete Passo a Passo .....	59
3.6 – Resultados Obtidos .....	61
Capítulo 4 – Considerações Finais .....	64
4.1 – Dificuldades Encontradas .....	64
4.2 – Conclusões .....	67
4.3 – Sugestões de Trabalhos Futuros .....	69
Referências Bibliográficas .....	71
Apêndices	
Apêndice A – Esquema Elétrico do Circuito da Maquete .....	73
Apêndice B – Programa Desenvolvido na Linguagem <i>Assembly</i> .....	75
Apêndice C – Tabela de Custos do Projeto .....	83
Anexos	
Anexo A – Esquema Elétrico da Placa do Kit do Microcontrolador .....	85



## Lista de Siglas

CI: Circuito Integrado.

ROM: *Read Only Memory* (Memória Apenas de Leitura).

RAM: *Random Access Memory* (Memória de Acesso Aleatório).

Mc: Microcontrolador.

LCD: *Liquid Crystal Display* (Monitor de Cristal Líquido).

USART: *Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter*  
(Transmissor/Receptor Universal Síncrono e Assíncrono).

I/O: *Input/Output* (Entrada/Saída).

## Lista de Figuras

Figura 1.1 – Estrutura Básica da Maquete .....	2
Figura 2.1 – Motor de Passo .....	7
Figura 2.2 – Motor de Passo Híbrido Desmontado .....	8
Figura 2.3 – Esquema do Motor de Passo Híbrido .....	9
Figura 2.4 – Motor de Passo Utilizado no Projeto .....	11
Figura 2.5 – Visão Frontal do Sensor Utilizado no Projeto .....	13
Figura 2.6 – Sensor e Relé Utilizados no Projeto .....	13
Figura 2.7 – Pinagem e Encapsulamento do Microcontrolador 8051 .....	17
Figura 2.8 – Pinos das Portas P0 e P2 .....	20
Figura 2.9 – Bits do Registrador IE .....	23
Figura 2.10 – Bits do Registrador IP .....	24
Figura 2.11 – Esteira Rolante .....	27
Figura 3.1 – Placa do Kit do Microcontrolador 8051 .....	30
Figura 3.2 – Kit do Microcontrolador 8051 Completo .....	31
Figura 3.3 – Movimentação do Motor de Passo .....	33
Figura 3.4 – Pinos do CI ULN 2003 .....	37
Figura 3.5 – Ligação entre o Microcontrolador, o CI ULN 2003 e o Motor de Passo .....	38
Figura 3.6 – Ligação entre o Sensor Indutivo e o Microcontrolador .....	39
Figura 3.7 – Fluxograma do Programa Desenvolvido .....	43
Figura 3.8 – Trecho do Código da Rotina Inicial do Programa .....	44
Figura 3.9 – Trecho do Código do Loop Infinito do Programa .....	44
Figura 3.10 – Trecho do Código da Rotina de Interrupção .....	45
Figura 3.11 – Trecho do Código do Acionamento do Motor de Passo .....	46
Figura 3.12 – Trecho do Código da Chamada do Acionamento do Motor de Passo .....	47
Figura 3.13 – Tela do Programa Jen`s .....	48
Figura 3.14 – Seleção do Chip Utilizado .....	49
Figura 3.15 – Tela Principal do Programa de Gravação .....	50
Figura 3.16 – Seleção do Arquivo com Extensão .bin .....	50
Figura 3.17 – Tela Apresentando <i>Status</i> da Gravação .....	51

Figura 3.18 – Circuito Montado no <i>Protoboard</i> .....	52
Figura 3.19 – (a) Multímetro, (b) Ferramentas Usadas na Construção da Placa, (c) Placa Finalizada e a (d) Placa com a Fonte de Alimentação .....	53
Figura 3.20 – Resultado Final do Circuito utilizado entre o Motor de Passo e o Microcontrolador .....	54
Figura 3.21 – Ligação entre o Sensor, o Relé e a Placa do Microcontrolador ...	55
Figura 3.22 – As Engrenagens e os Eixos .....	57
Figura 3.23 – Esteira de Borracha com a Correia Dentada .....	58
Figura 3.24 – Etapas da 1ª Construção da Base de Madeira da Maquete .....	59
Figura 3.25 – Base de Madeira da Maquete após a Reconstrução .....	60
Figura 3.26 – (a) Antes da Alteração na Base de Estrutura dos Eixos e (b) Após a Instalação dos Rolamentos. ....	61

## **Lista de Tabelas**

Tabela 2.1 – Detalhes dos Pinos da Porta P3 .....	18
Tabela 3.1 – Sequência do Trem de Pulso .....	33
Tabela 3.2 – Pinagem de I/O da Placa do Microcontrolador .....	36

## Capítulo 1 – Introdução

Uma esteira rolante é um dispositivo utilizado para inúmeros fins, em ambientes industriais, *shoppings centers*, em supermercados tanto para transporte de pessoas como para transporte de mercadorias, em aeroportos também para transporte de pessoas, bagagens e etc. Trata-se de um dispositivo com várias finalidades e bastante útil.

Este projeto dedica-se a desenvolver a automatização de um protótipo de uma esteira rolante, que é movimentada por um motor de passo, acionado por um microcontrolador após receber um sinal de um sensor de posição.

Um dispositivo automático ou automatizado é um mecanismo que realiza uma tarefa solicitada num momento determinado. Neste caso específico, a tarefa solicitada é ligar o motor de passo para que a esteira rolante seja colocada em movimento. O momento determinado é aquele em que o sensor de posição é acionado, sendo que este sensor é quem solicita a tarefa ao microcontrolador.

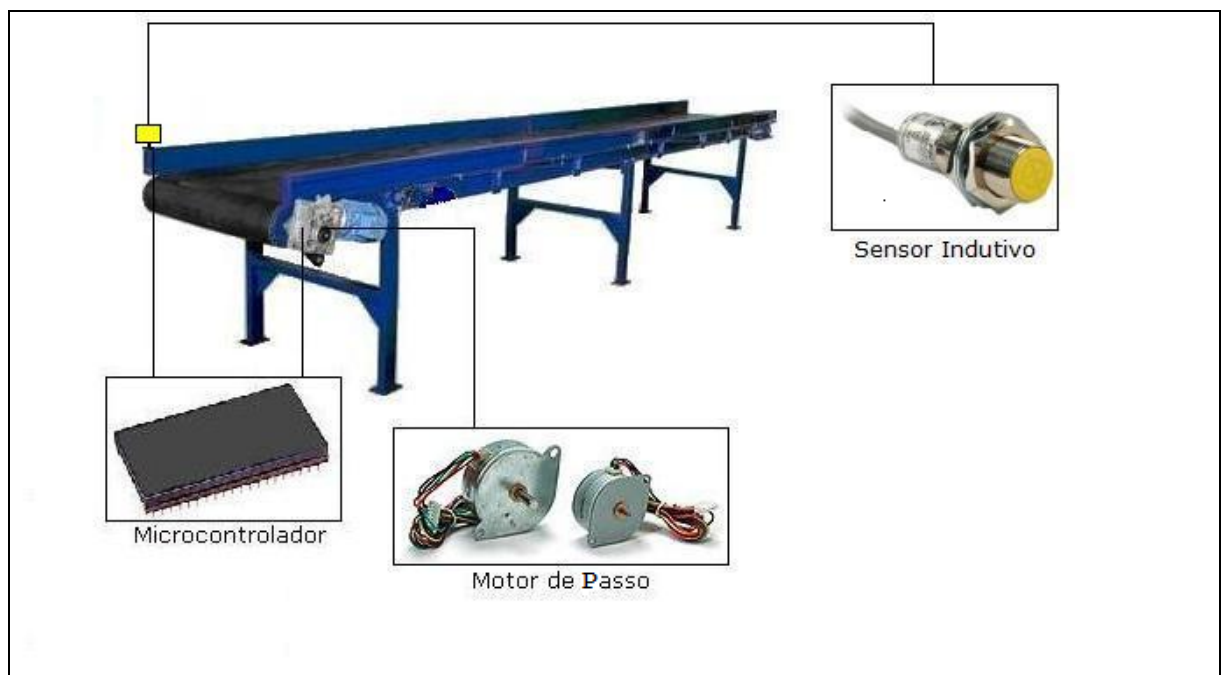
O desenvolvimento deste projeto visa à diminuição do tempo em que o equipamento mantém-se ligado, sem que esteja sendo utilizado. Para isso a esteira rolante só será acionada quando o sensor de posição detectar a necessidade.

Este projeto também proporciona à esteira rolante a possibilidade de adequar a sua velocidade de trabalho com a quantidade de acionamentos do sensor de posição, ou seja, de acordo com a demanda de utilização da mesma. Cada acionamento do sensor ao microcontrolador é contado por um período de tempo, e por meio desta contagem é possível perceber se o fluxo de utilização do equipamento aumentou. Caso haja um aumento no fluxo, o microcontrolador envia

um sinal ao motor de passo que movimenta a esteira para que a sua velocidade de trabalho seja aumentada.

O projeto é basicamente uma versão reduzida de um dispositivo real. O desenvolvimento e a construção da maquete da esteira rolante têm como propósito a apresentação da parte prática para a banca examinadora mostrando a aplicação do programa desenvolvido. Os dispositivos utilizados no projeto, se forem voltados para um sistema real, não são adequados.

A principal função do microcontrolador é gerenciar todo o tipo de atividade incluindo os devidos acionamentos, bem como os sinais de entrada enviados pelo sensor de posição e os de saída direcionados ao motor de passo. A seguir, na Figura 1.1 é mostrada a estrutura da maquete de demonstração.



**Figura 1.1 – Estrutura Básica da Maquete**

## **1.1 – Motivação**

Para determinar o tema do projeto final foi preciso antes de tudo avaliar as disciplinas em que houve maior interesse no decorrer do curso de Engenharia de Computação. Dentre as diversas disciplinas estudadas, e após muitas pesquisas e análises sobre a escolha de um provável tema, a opção inicial foi realizar um projeto que utilizasse um microcontrolador, relacionando com a disciplina de “Microprocessadores e Microcontroladores”.

A partir daí iniciou-se a busca de algum mecanismo para efetuar o controle. Esta escolha foi baseada em vivência pessoal após constatar que em inúmeros estabelecimentos, dispositivos como escadas rolantes ficavam em torno de 15 minutos ou mais ligados sem serem utilizados, gastando energia elétrica desnecessária e diminuindo o tempo de vida útil do equipamento.

Com a definição do tema e tendo sido estabelecida a estrutura do projeto, as principais disciplinas relacionadas são:

- Microcontroladores e Microprocessadores
- Circuitos e Máquinas Elétricas
- Circuitos Eletrônicos
- Lógica Digital

O desenvolvimento deste projeto tem como objetivo controlar a utilização de uma esteira rolante, proporcionando economia de energia elétrica e também diminuindo o desgaste das peças do equipamento, pois a esteira rolante só será

acionada quando o sensor de posição detectar a necessidade, ou seja, quando o sensor de posição for acionado.

## **1.2– Objetivo Geral**

O principal objetivo deste projeto é desenvolver e automatizar uma esteira rolante acionada, apenas quando for detectada a necessidade. Para isso, será utilizado um microcontrolador da Família 8051, um motor de passo e um sensor de posição. O programa utilizado para efetuar o controle de todos os dispositivos mencionados será desenvolvido utilizando a linguagem *Assembly*.

## **1.3– Objetivos Específicos**

- Montar o circuito utilizando o motor de passo, o sensor de posição, o microcontrolador, bem como outros dispositivos necessários.
- Desenvolver o programa de controle utilizando a linguagem *Assembly*.
- Alterar a velocidade de rotação da esteira rolante (do motor de passo), por meio do programa, de acordo com a quantidade de acionamentos detectados pelo sensor de posição.

## **1.4– Organização da Monografia**

Capítulo 1: Apresenta a idéia geral do projeto, os objetivos a serem alcançados, uma visão geral do que será desenvolvido na monografia com relação a parte física e também do programa de controle.



Capítulo 2: É composto pelo referencial teórico, onde é abordada uma teoria básica acerca dos dispositivos utilizados no desenvolvimento do projeto, visando fornecer entendimento e auxiliar para uma melhor compreensão do projeto.

Capítulo 3: Descreve as fases de construção da maquete e do programa de controle desenvolvido. Neste capítulo é apresentado um item com os resultados obtidos através de testes efetuados após a construção da maquete e a finalização do programa desenvolvido.

Capítulo 4: São explanadas sobre as considerações finais acerca do desenvolvimento do projeto como um todo, detalhando as dificuldades encontradas, as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

## **Capítulo 2 – Referencial Teórico**

O objetivo principal deste capítulo é fornecer um embasamento teórico no que diz respeito aos dispositivos utilizados para desenvolver este projeto.

### **2.1 – Motor de Passo**

O motor escolhido para movimentar a esteira rolante neste projeto é o motor de passo em virtude de fatores como o seu baixo custo, facilidade na programação e outras características que serão mostradas a seguir. Por isso, se faz necessário a compreensão do funcionamento e das principais características deste motor.

Os motores de passo são motores elétricos de pequeno porte que são aplicados em inúmeros setores, indústrias e até mesmo em dispositivos de informática como impressoras. Também podem ser encontrados em diversas funções fora da indústria e da informática como, por exemplo, em aplicações médicas e comerciais. Trata-se de um motor de precisão, com rotação para ambas as direções, onde o passo corresponde ao seu menor deslocamento angular. Quanto menor o grau do passo, maior a sua precisão. Trata-se de um motor controlado digitalmente. Na Figura 2.1 são mostrados dois motores de passo típicos.

Os motores de passo possuem diversas variações nos tamanhos dos seus passos. Podem possuir passos pequenos como  $0,72^\circ$  ou maiores como  $90^\circ$ . Os mais utilizados são os de  $1,8^\circ$ ;  $7,5^\circ$  e  $15^\circ$ . (TORO, 1994)



**Figura 2.1 – Motor de Passo**

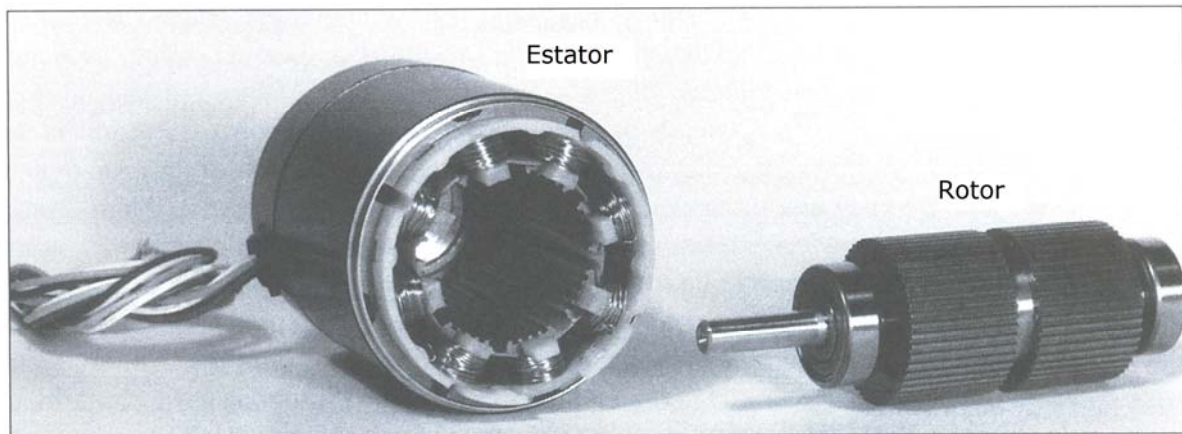
(Fonte Site: [www.actionmotors.com.br](http://www.actionmotors.com.br))

Os motores de passo proporcionam a força utilizada para mover muitos dispositivos de um computador. Um exemplo seria a utilização em mecanismo de alimentação de papel de impressoras. Devido a sua precisão também são muito utilizados em *drives* de discos, onde fornecem um posicionamento preciso da cabeça magnética nos discos. (TORO, 1994)

O motor de passo é compatível com os sistemas eletrônicos digitais, esse sistema é bastante comum em varias aplicações. Com a ajuda de dispositivos como o motor de passo os sistemas eletrônicos digitais estão se tornando mais robustos e não muito caros. (FITZGERALD, 2006).

O motor de passo é adequado para as aplicações mencionadas, por ser um dispositivo que converte informações digitais em uma saída mecânica, sendo uma interface adequada para o computador digital. (TORO, 1994)

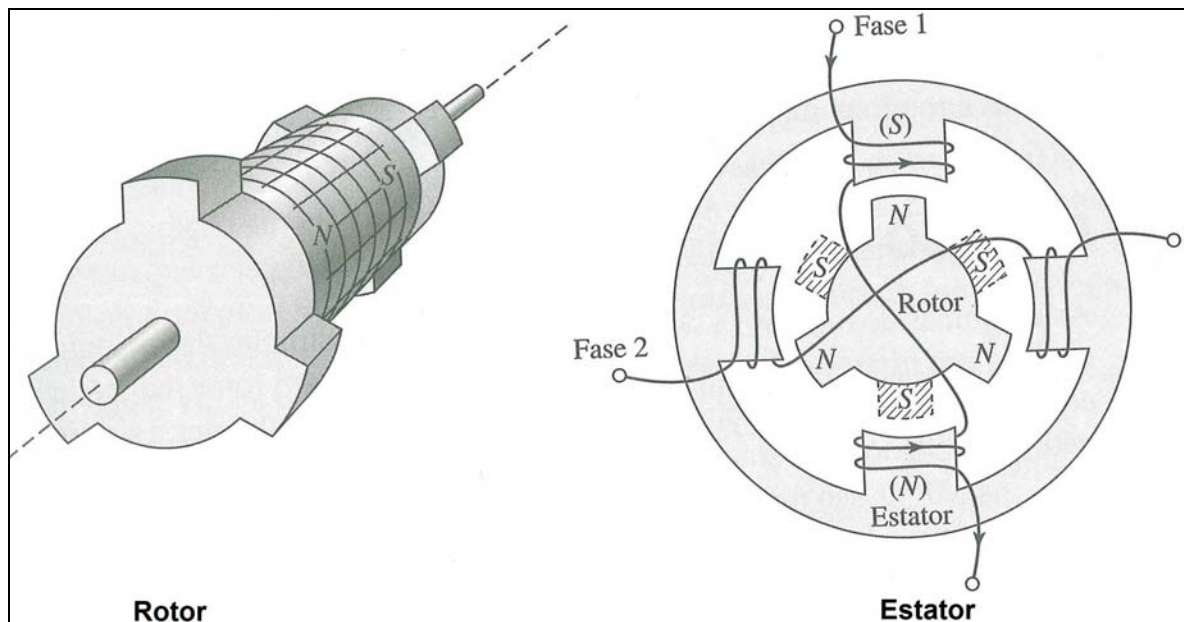
O motor de passo é formado basicamente por um rotor (que é a estrutura interna do motor e é a sua parte móvel ou rotativa) e um estator (que é a parte fixa do motor onde as bobinas - enrolamento de fio de cobre - que o compõem são enroladas). Na Figura 2.2 é possível observar cada uma destas partes.



**Figura 2.2 – Motor de Passo Híbrido Desmontado**

(Fonte: FITZGERARD, 2006)

Tomando como base a Figura 2.3, considere que um lado do rotor tenha um pólo magnético norte e que o outro lado tenha um pólo magnético sul, e que este motor possua um estator com quatro pólos, mostrando o pólo norte do rotor acima e o seu pólo sul hachurado. No momento em que a fase 1 do estator (onde fase seria o enrolamento de suas bobinas) for excitada, tendo seu pólo superior um pólo sul e o inferior um pólo norte, a interação entre a excitação do estator e o fluxo do imã permanente do rotor permite o alinhamento do rotor com um dos pólos do estator. Sendo que os pólos magnéticos do rotor e do estator são opostos, conforme mostra a figura. A variação da excitação nos pólos do estator permite que o motor entre em movimento.



**Figura 2.3 – Esquema do Motor de Passo Híbrido**

(Fonte: FITZGERARD, 2006)

Os motores de passo são classificados de acordo com a estrutura do seu rotor. Podem ser denominados motores de passo de ímã permanente se forem construídos com um ímã permanente fixo ao eixo do motor, ou chamados de motor de passo de relutância se não existir o ímã permanente. (TORO, 1994)

- Motor de Passo de Ímã Permanente: É um motor de custo mais baixo. O ímã permanente fica acoplado ao eixo do rotor. E a presença do ímã permanente na orientação particular do rotor permite que cada um dos pólos seja magnetizado.

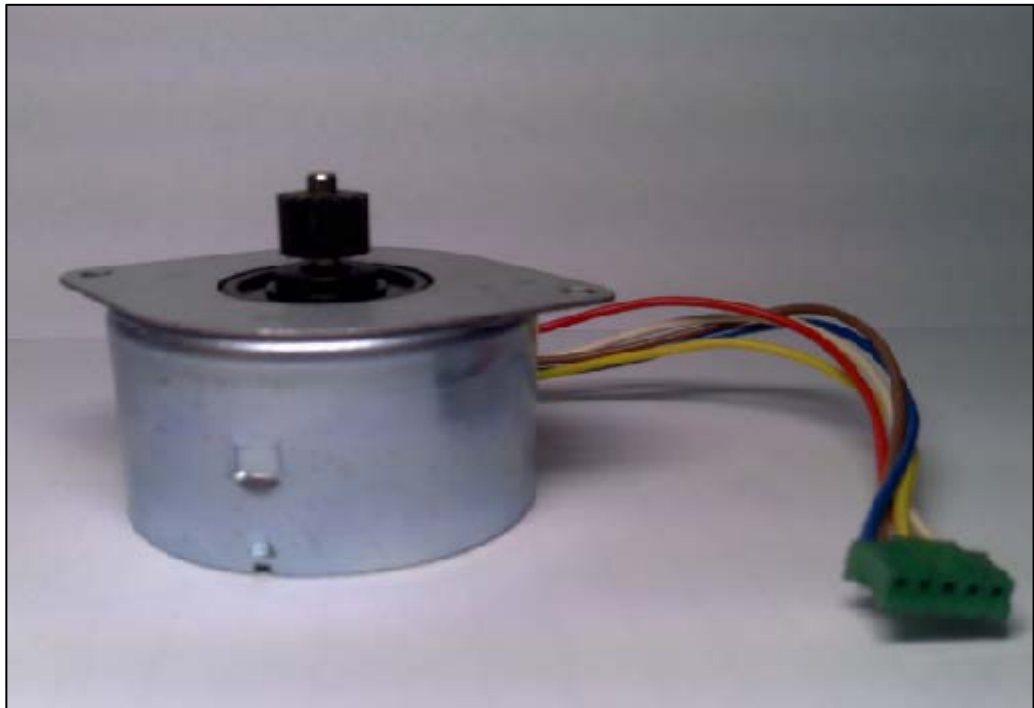
Motores de ímã permanente trabalham a passos de até 90°. (FITZGERALD, 1975)

- Motor de Passo de Relutância Variável: Trata-se de um motor com múltiplos dentes e o seu estator possui enrolamentos. Os motores de relutância variável são mais precisos do que os de imã permanente.

O motor de passo de relutância variável possui um estator de seis pólos com os enrolamentos ordenados de maneira que cada pólo seja o oposto do seu pólo vizinho e possui um rotor de quatro pontas. (SICA, 2006)

- Motor de Passo Híbrido: É uma junção do motor de relutância variável e do de imã permanente. É o mais preciso, pois possui os menores ângulos de passo como, por exemplo, o de  $0,9^\circ$  e  $1,8^\circ$ .

O motor de passo escolhido para desenvolver o projeto é do tipo imã permanente e possui um ângulo de passo de  $7,5^\circ$ . Para descobrir a quantidade de passos em um giro completo, ou seja  $360^\circ$ , basta dividir  $360^\circ$  por  $7,5^\circ$ . Com isso chega-se ao valor 48, que é o número de passos necessários para que ele realize uma volta completa. O circuito digital que irá gerar as seqüências para produzir a rotação do motor será um microcontrolador da Família 8051 que será detalhado no item 2.3 deste capítulo. Na Figura 2.4 é apresentado o motor de passo utilizado para o projeto.



**Figura 2.4 – Motor de Passo Utilizado no Projeto**

## **2.2 – Sensor Indutivo**

Sensor: palavra utilizada para denominar determinados tipos de dispositivos que percebem variações de energia do ambiente onde é instalado como a energia luminosa, térmica, cinética relacionadas com uma grandeza a ser medida. (THOMAZINI, 2005)

O sensor utilizado no projeto é um sensor de posição indutivo. Num primeiro momento a idéia era utilizar um sensor de posição infravermelho ativo, mas por ter sido conseguido sem custos o sensor indutivo foi o escolhido. As médias de valores destes dois sensores são de R\$ 30,00 para o sensor infravermelho ativo e de R\$ 250,00 para o sensor de posição indutivo.

A tarefa a ser executada pelo sensor é detectar o momento em que a esteira rolante deve entrar em movimento, e para isto o sensor indutivo atende a funcionalidade desejada, sendo a única diferença que, para ser acionado, ele necessita detectar um corpo metálico. O que o difere do sensor infravermelho em sua função para o desenvolvimento do projeto é que o sensor infravermelho é acionado por qualquer objeto, independente da sua constituição material. Este fato faz com que seja largamente aplicado para controle de intrusão.

O funcionamento do sensor indutivo baseia-se nos conceitos do indutor. O sensor indutivo é basicamente formado por um núcleo de ferrite (Do Dicionário Aurélio: Material magnético), um oscilador, um circuito de disparo de sinais e um circuito de saída. E caso um objeto metálico se aproxime da face do sensor esta informação é transformada em um sinal de saída.

Algumas características que se pode destacar dos sensores indutivos são: não tem peças móveis e são acionados sem contato físico; Podem ser utilizados em ambientes diversos como água, óleos, poeira por serem equipamentos totalmente vedados. (THOMAZINI, 2005)

O sensor escolhido possui uma distância sensora nominal, que é a distância entre o sensor e o elemento a ser detectado, de 10 mm. A tensão de alimentação mínima é de 10 volts e trata-se de um sensor blindado. A Figura 2.5 retrata o sensor utilizado no projeto. E a Figura 2.6 retrata o sensor e o relé que será utilizado para conectá-lo ao microcontrolador.





**Figura 2.5 – Visão Frontal do Sensor Utilizado no Projeto**



**Figura 2.6 – Sensor e Relé Utilizados no Projeto**

## **2.3 – Microcontrolador**

Os microcontroladores provocaram notável mudança nos projetos de sistemas eletrônicos digitais. Estes dispositivos, popularmente chamados de “microcomputadores de somente um chip”, reúnem em um só componente os elementos de um sistema microprocessado completo (memória ROM e RAM, interfaces paralela e serial, temporizadores / contadores de eventos, controlador de interrupções, etc). (NETO, 2002)

A principal finalidade de um microcontrolador é controlar recursos de entrada e saída digital. O objetivo do microcontrolador é reduzir o hardware, tendo em vista que quanto maior o número de componentes maiores são as probabilidades de ocorrência de erros. Algumas de suas limitações são:

- Sua aplicação é voltada apenas para a área de controle digital.
- Não possui grande capacidade de processamento.

### **2.3.1 – O Microprocessador**

Um microprocessador trata-se de um dispositivo eletrônico que realiza tarefas específicas. As instruções que devem ser executadas são lidas na memória de programa (*Code Memory* - ROM) e utiliza a memória de dados (*Data Memory* - RAM) para guardar de forma temporária os dados a serem utilizados nas instruções. (NICOLOSI, 2000)

Sua principal função é executar as instruções que estão descritas, ou armazenadas em sua memória de programa. E para que o microprocessador execute a tarefa de maneira a atender as necessidades do projetista, as instruções a serem executadas devem ser bem definidas levando em consideração o hardware disponível.

O microprocessador é um dispositivo dedicado ao processamento, e fornece uma grande variedade de meios de acesso a informações. O microcontrolador tem como principal finalidade o controle digital, fornecendo uma maior quantidade de recursos para entradas e saídas digitais, oferecendo a possibilidade de medir intervalos de tempo e possibilitando o desenvolvimento de sistemas de pequeno tamanho físico. O microcontrolador não precisa realizar operações sofisticadas sobre os dados. Ele jamais será utilizado para construir um computador. (ZELENOVSKY, 2005)

### **2.3.2 – A Família 8051**

A Intel lançou o primeiro microcontrolador no ano de 1976, esse primeiro dispositivo recebeu o nome de 8048, e posteriormente passou a definir uma família de microcontroladores, a família MCS-48. O microcontrolador 8051 foi lançado quatro anos depois, em 1980, sendo uma evolução do 8048, e passou a definir a família MCS-51. O 8051 teve grande aceitação e mesmo tendo passados mais de 20 anos, ele ainda está presente no mercado. Em 1982 a Intel lançou o 8096, um microcontrolador de 16 bits, formando assim a família MCS-96. (ZELENOVSKY, 2005)

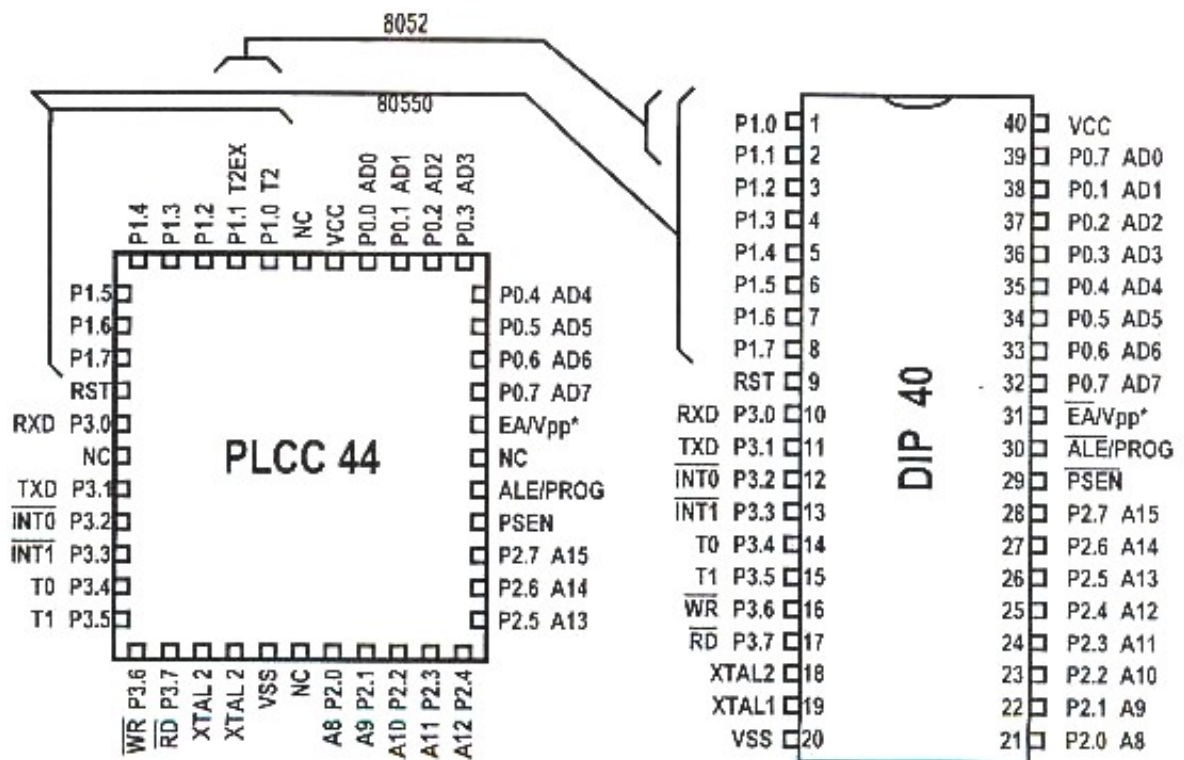
O primeiro lançamento da Intel da família 8051 foi o 8051 com ROM interna programável de fábrica, logo em seguida lançou o 8751 com EPROM interna programável pelo próprio usuário e posteriormente o 8031 com chips de EPROM externa. Posteriormente novos chips foram adicionados a esta família, o 8052, que com um timer a mais que o 8051 e com as seguintes variações: com EPROM (8752); sem ROM/EPROM (8032) e uma versão chamada de 8052 – que já vem interpretador de programas em linguagem *Basic*. Os microcontroladores desta família podem ser fabricados por diversas empresas, dentre elas: a *Siemens*, *Advanced Microcontroller Device*, *Fujitsu*, *Philips* e *Oki*. (NICOLSI, 2000)

Uma família de microcontroladores é definida por características comuns aos chips que a compõem. Os chips da família são adicionados cada vez que é lançado um chip com um novo recurso. A Família 8051 possui uma grande vantagem com relação às outras existentes por ser produzida por vários fabricantes, o que facilita no momento da escolha e aumenta a concorrência tornando este microcontrolador mais acessível que os demais.

#### **2.3.2.1 – Pinagem do 8051**

O microcontrolador utiliza os seus pinos para entrada e saída de dados. Essa comunicação é feita utilizando sinais elétricos que podem ser enviados ou recebidos através destes pinos. A seguir são descritas as principais funções de cada pino do microcontrolador.

Na Figura 2.7 é mostrada a estrutura de pinos do microcontrolador 8051. Ela mostra os dois tipos de encapsulamento, o DIP (*Dual In Line Package*), e o PLCC (*Plastic Leadless Chip Carrier*). O encapsulamento estabelece a geometria dos pinos na placa. A descrição de cada um dos pinos mostrados na Figura 2.7 será detalhada à seguir:



**Figura 2.7 – Pinagem e Encapsulamento do Microcontrolador 8051**

(Fonte: NICOLSI,2000)

Porta P1: é uma interface de entrada e saída de propósito geral. É possível ler ou escrever nessa porta por meio do programa. No microcontrolador 8052, os pinos P1.0 e P1.1 normalmente são comprometidos com o Timer 2.

RST: é utilizado para zerar adequadamente o microcontrolador. Ao acioná-lo os valores internos do chip são organizados para que se iniciem novamente os trabalhos.

Porta P3: é uma porta de propósito geral de entrada e saída, caso não seja utilizado nenhum periférico interno do chip. É uma porta com diversas funções AOF (*Alternative Output Function*), são elas: RXD - receber dados seriais; TXD - transmitir dados seriais; INT0 - entrada para o pedido de interrupção 0; INT1 - entrada para o pedido de interrupção 1; T0 - entrada de contagem CT0; T1 - entrada de contagem CT1; WR - função *write*; RD - função *read*. Estas funções e seus respectivos pinos são listados na Tabela 2.1.

**Tabela 2.1 – Detalhes dos Pinos da Porta P3**

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	$\overline{\text{WR}}$ (external data memory write strobe)
P3.7	$\overline{\text{RD}}$ (external data memory read strobe)

(Fonte: ATMEL, Datasheet)

XTAL2: saída do amplificador inversor do oscilador interno.

XTAL1: entrada do amplificador inversor do oscilador interno.

VSS: é o pino utilizado para alimentação do chip - referência terra.

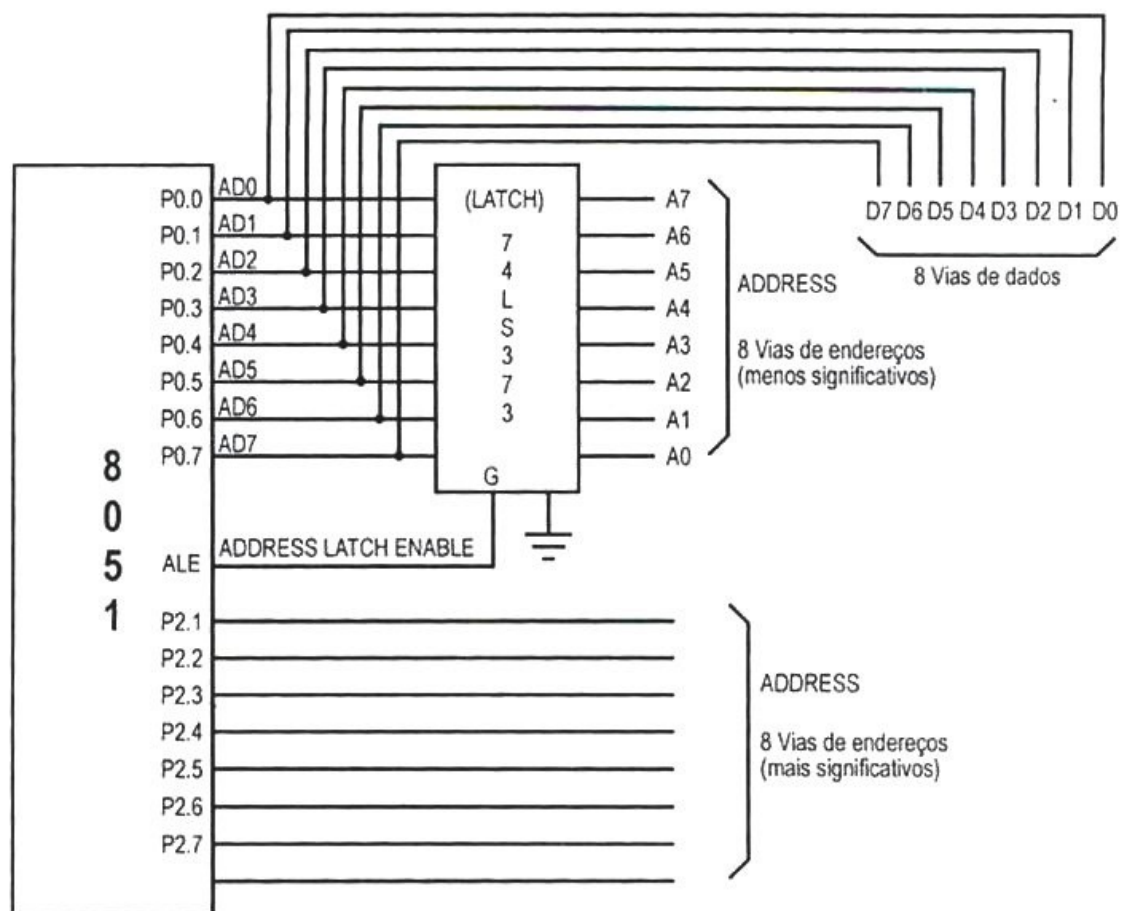
Porta P2: é uma porta de propósito geral quando não é utilizada nenhuma memória externa RAM, ROM ou EPROM. Assim como a porta P1, é uma interface de entrada e saída e gera a parte mais significativa dos endereços durante acessos às memórias externas de programa ou dados. Trata-se dos 8 bits da porta paralela bidirecional.

PSEN: é utilizado para uma sinalização do instante de uma leitura à memória de programa externa.

ALE: pino que aciona a demultiplexação dos sinais gerados pela porta P0. ALE com nível lógico 1 significa geração de endereços pela porta P0. ALE com nível lógico 0 significa o uso da porta P0 para o tráfego de dados.

EA: indica se está sendo utilizada memória de programa externa. EA com nível lógico 1, significa que será utilizada memória de programa interna. EA com nível lógico 0, significa a utilização de memória externa.

Porta P0: trata-se de uma porta de propósito geral quando não é utilizada memória externa. Ao utilizar memória externa, a porta P0 é multiplexada entre dados e endereços, caso não multiplexasse dados com endereços seria necessário incluir mais uma porta o que aumentaria 8 pinos no microcontrolador. A Figura 2.8 mostra os 8 pinos da porta P0 e sua multiplexação para dados e endereços.



*Observação: Com 8 pinos de P0 eu crio 8 pinos de endereços e 8 pinos de dados.*

**Figura 2.8 – Pinos das Portas P0 e P2**

(Fonte: NICOLOSI, 2000)

VCC: é o pino utilizado para alimentação do chip - + 5v dc.

### 2.3.2.2 – Interrupção

A interrupção pode ser um evento externo que força o microprocessador a suspender suas atividades por um período de tempo, para que a interrupção seja atendida e o seu código seja executado. Ela é uma ocorrência que faz o



microprocessador parar a rotina que está em execução e desviar-se para outro ponto do programa, o ponto onde está o código de interrupção a ser executado. Ao final da execução da interrupção ele retorna ao ponto onde havia parado. A interrupção é muito parecida com uma sub-rotina na programação tradicional, mas o que a diferencia da sub-rotina é que a interrupção é disparada por um evento externo. (NICOLOSI, 2000)

A ocorrência de uma interrupção é algo não previsto e por isso, ao final da instrução de interrupção é preciso incluir o comando RETI (*Return Interruption*), para que o programa retorne para onde estava no momento em que a interrupção foi acionada. A diferença entre a chamada de uma subrotina e uma interrupção, é que a subrotina é programada via programa e desta forma é escolhido o momento em que ela deve ocorrer. Já a interrupção acontece em um momento não previsto.

Por meio da interrupção eventos importantes podem receber a atenção imediata do processador. É um recurso que torna mais fácil o desenvolvimento de sistemas processados. O fluxo normal de processamento é temporariamente suspenso e desvia-se para a execução para um endereço previamente determinado. (ZELENOVSKY, 2005)

A Família 8051 oferece cinco possibilidades de interrupção:

Externa 0 – INT0: para utilizar esta interrupção é necessário habilitar este pino. O pino físico referente a esta interrupção é o P3.2.

Externa 1 – INT1: possui as mesmas descrições da interrupção anterior (INT0). A única diferença é que se trata de um pino físico diferente, no caso de INT1 o pino é o P3.3.

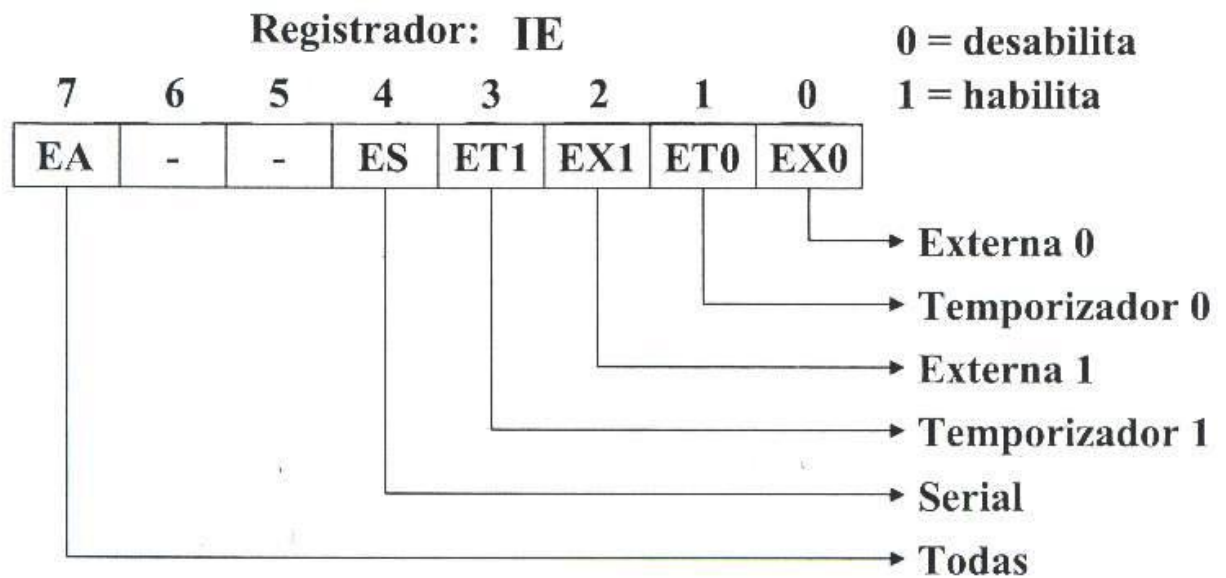
Interna 0 – Timer 0: é um pedido de interrupção interno, que tem como principal função marcar intervalos de tempo.

Interna 1 – Timer 1: é um pedido de interrupção que possui as mesmas características da anterior (*Timer 0*).

Serial: Trata-se de uma interrupção única, mas pode acontecer em dois eventos: na transmissão, ou na recepção de dados pela porta serial. É uma interrupção interna gerada pela porta serial.

Todas estas interrupções, para serem utilizadas, precisam antes ser programadas, ou melhor, ser habilitadas. Para a Família 8051, existem três registradores de controle das interrupções:

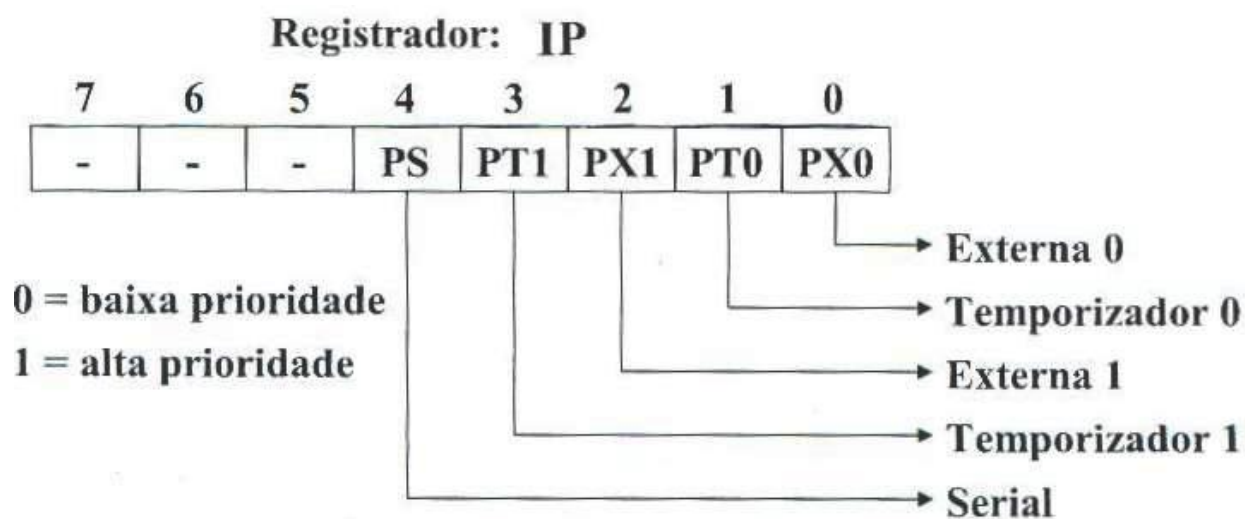
IE (*Interrupt Enable*): este registrador é utilizado para habilitar e desabilitar as interrupções, é possível controlar de forma individual cada interrupção, para habilitar a interrupção é preciso colocar o respectivo bit em nível lógico 1, e para desabilitar colocar o bit em nível lógico 0. A Figura 2.9 mostra a descrição dos bits deste registrador.



**Figura 2.9 – Bits do Registrador IE**

(Fonte: ZELENOVSKY, 2005)

IP (*Interrupt Priority*): este registrador é utilizado para definir a prioridade das interrupções liberadas através do registrador IE. A prioridade pode ser baixa ou alta. Da mesma forma que no registrador IE, a definição é dada colocando o bit em nível lógico 0 ou 1 (sendo 0 baixa prioridade e 1 alta prioridade). As regras para as prioridades são: Interrupções com mesma prioridade não podem se interromper; Interrupção de alta prioridade interrompe uma de baixa prioridade; Interrupção de baixa prioridade não interrompe uma de alta prioridade. A Figura 2.10, descreve os bits deste registrador.



**Figura 2.10 – Bits do Registrador IP**

(Fonte: ZELENOVSKY, 2005)

TCON: define a forma de atividade dos timers e das interrupções.

### 2.3.3 – Motivação para a Escolha do 8051

A principal motivação para a escolha do microcontrolador 8051 foi o contato obtido com a tecnologia na disciplina de Microprocessadores e Microcontroladores. Daí em diante, acabou surgindo uma idéia e uma meta para o projeto final, de utilizar o microcontrolador 8051. Restava definir o dispositivo a ser controlado.

Dentre as diversas vantagens do microcontrolador 8051, as mais importantes são o fato de ter adquirido conhecimento do dispositivo na disciplina citada acima e também o fato de o microcontrolador 8051 ser produzido por vários fabricantes, o

que facilita um pouco mais em sua aquisição, reduzindo custos e também ampliando o leque de escolhas.

## **2.4 – Linguagem *Assembly***

Uma explicação básica sobre a linguagem *Assembly* se faz necessária, visto que esta é a linguagem utilizada no desenvolvimento do programa de controle do projeto. A escolha desta linguagem primeiramente foi feita pelo fato de ter sido a linguagem estudada juntamente com o microcontrolador 8051 na disciplina de Microprocessadores e Microcontroladores.

O *Assembly* é normalmente confundido com a linguagem de máquina, mas não é a mesma coisa. É uma linguagem escrita por códigos alfanuméricos, também chamados mnemônicos, que facilitam o entendimento dos programadores e a linguagem de máquina deve ser compreendida pelas máquinas. A semelhança mais evidente entre a linguagem de máquina e a linguagem *Assembly* é que cada instrução desta segunda linguagem corresponde exatamente a uma instrução de máquina. O que não ocorre com as linguagens de alto nível. (SICA, 2006)

O termo *Assembly* é um termo da língua inglesa que significa montagem, construção. *Assembler* é um termo também da língua inglesa, significa montador. Estes dois termos são bastante confundidos, mas é importante ressaltar que eles se referem a coisas diferentes. O *Assembly* é a linguagem de programação em si, já o *Assembler* é o seu compilador, ou melhor, é o programa responsável pela tradução da linguagem para a máquina.

O nível mais baixo de programação é denominado de linguagem de máquina, onde as instruções e os dados são utilizados em nível binário, é a linguagem que o microcontrolador reconhece. Não seria de fácil compreensão para o ser humano, pois ele se perde ao tentar ler os grupos de valores binários e tentar interpretá-los como uma instrução. O *Assembly* é formado por mnemônicos, que são códigos mais fáceis para o ser humano ler, decorar, operar e utilizar no desenvolvimento de programas. (NICOLOSI, 2000)

## **2.5 – Esteira Rolante**

As esteiras rolantes são dispositivos utilizados em diversos tipos de estabelecimentos como indústrias, supermercados, aeroportos, *shopping centers*. Estes dispositivos podem ser usados para o transporte de pessoas, de equipamentos em indústrias, de bagagens em aeroportos, para transporte de grãos, de embalagens e etc.

Atualmente estes dispositivos são desenvolvidos com o objetivo de atender as necessidades do ambiente onde será instalado. Há esteiras, por exemplo, que suportam temperaturas de até 204°C. Na Figura 2.11 é ilustrado um exemplo de uma esteira utilizada em ambiente industrial.



**Figura 2.11 – Esteira Rolante**

(Fonte: [www.mercurio.com.br](http://www.mercurio.com.br), 2008)

## **Capítulo 3 – Implementação da Esteira Rolante Microcontrolada**

Neste capítulo é descrito o desenvolvimento da maquete e do programa de controle do projeto final. São apresentados os detalhes acerca da construção do programa de controle do motor de passo e do sensor de posição, detalhando as funcionalidades utilizadas para o controle de cada um. Também é detalhada a construção da maquete e toda a sua estrutura.

### **3.1 – O Kit do Microcontrolador 8051**

A escolha do kit iniciou-se por meio de pesquisas na internet. Os sites de compra pesquisados foram:

- [www.cerne-tec.com.br](http://www.cerne-tec.com.br)
- [www.sabermarketing.com.br](http://www.sabermarketing.com.br)
- [www.microcontrolador.com.br](http://www.microcontrolador.com.br)
- [www.microgenios.com.br](http://www.microgenios.com.br)

Após várias pesquisas a escolha foi determinada. O kit do microcontrolador 8051 foi adquirido por meio do site [www.sabermarketing.com.br](http://www.sabermarketing.com.br). Trata-se do portal da revista Saber Eletrônica, e o que definiu a escolha foi o fato de que efetuando a compra neste site a empresa que fornece o equipamento disponibiliza um suporte de



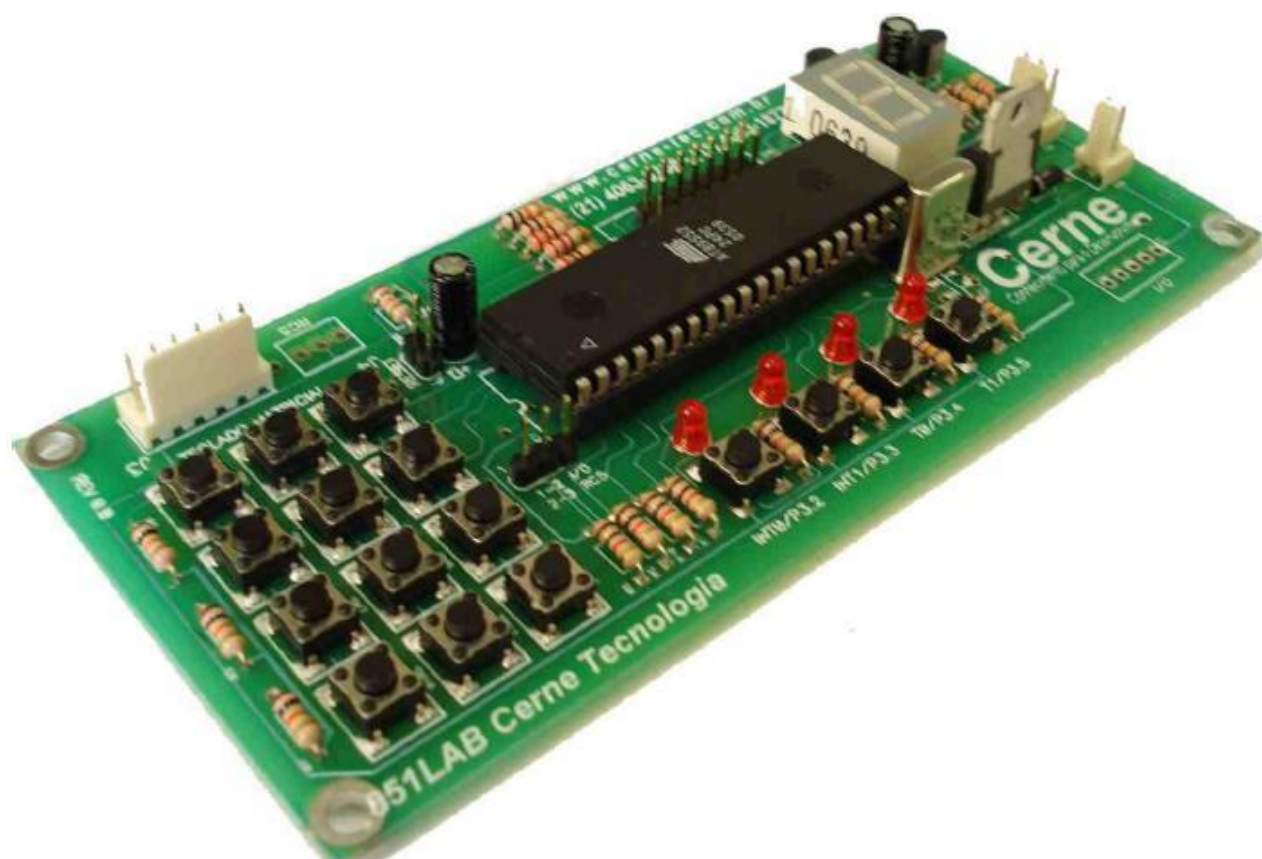
hardware por telefone. O dispositivo é fornecido pela empresa Cerne, e mesmo tendo efetuado a compra em outro site, o suporte ainda assim fica disponível ao cliente.

O microcontrolador é um dispositivo vital no desenvolvimento deste projeto. Ele faz a ponte de comunicação entre o sensor de posição e o motor de passo. Este dispositivo tanto recebe informações (por parte do sensor quando este for acionado), quanto envia informações (para solicitar a movimentação do motor de passo). Todo o controle e acionamento dos dispositivos são feitos por meio do microcontrolador.

### **3.1.1 – As Características do Kit do Microcontrolador 8051**

O kit adquirido vem equipado com: chip 8051 – AT89S53 do fabricante Atmel; *display* de 7 segmentos; *display* de LCD de 16X2 com *backlight* azul ou verde; fonte de alimentação; cabo de comunicação RS-232; gravador *In-Circuit* paralelo; teclado matricial; *leds* para testes; botões liga/desliga conectados aos pinos referentes às interrupções de entrada e USART – um módulo completo de comunicação serial e saída de I/O, que são os acionamentos de saídas externas.

O microcontrolador opera com um *clock* de até 24 MHz, porém esta placa vem equipada com um cristal de 12 MHz o que o limita nesta frequência. Sua fonte de alimentação é de 9v e 400mA de corrente. Nas Figuras 3.1 e 3.2 a seguir são mostradas imagens do kit.



**Figura 3.1 – Placa do Kit do Microcontrolador 8051**

(Fonte: CERNE, 2008)



**Figura 3.2 – Kit do Microcontrolador 8051 Completo**

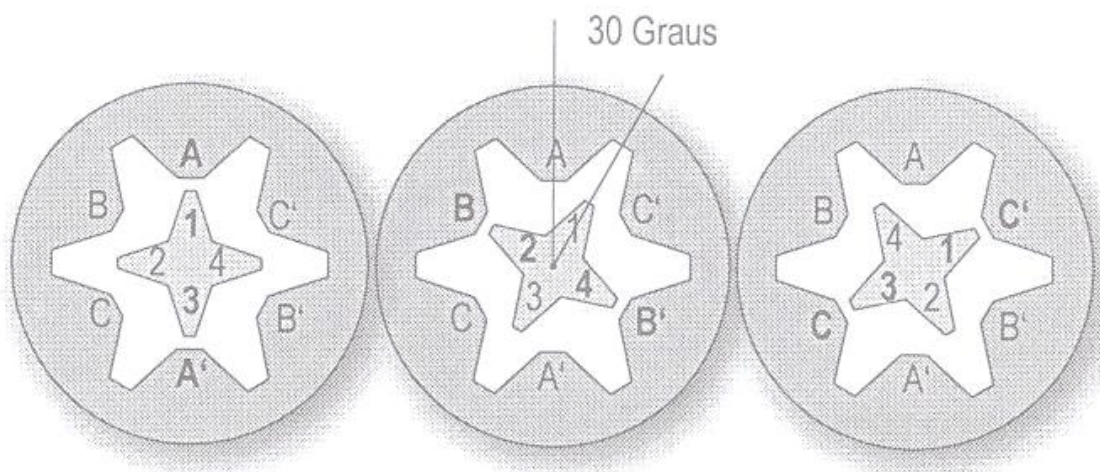
### **3.2 – O Controle do Motor de Passo**

O motor de passo é um dispositivo importante no desenvolvimento do projeto, pois é ele que proporciona a movimentação da esteira rolante. Este motor oferece a possibilidade de variação da velocidade de rotação sem ter que variar a tensão de alimentação.

O motor de passo foi escolhido para o desenvolvimento deste projeto por ser um motor de precisão e também por ser um dispositivo mecânico que é controlado de forma digital. Cada passo, que representa a mudança de uma posição para outra, executado pelo motor depende do acionamento de suas bobinas. O motor de passo pode estar em três estados: desligado, parado e em movimento. O estado de

desligado é quando o motor está sem alimentação, quando todas as suas bobinas estão desligadas. O estado de parado é quando apenas uma de suas bobinas está energizada, mas o motor não entra em movimento, só que neste estado há consumo de energia. E o estado de em movimento é quando mais de uma bobina é energizada em um intervalo de tempo, é neste estado que o motor entra em funcionamento. (Fonte site: [www.rogercom.com.br](http://www.rogercom.com.br))

Os motores de passo são controlados por meio de um trem de pulso, que é usado para desligar e ligar cada uma das bobinas do motor e efetuar o movimento. O estado desligado é quando se coloca em nível lógico 0 e o estado ligado quando se coloca em nível lógico 1. Por meio da figura e da tabela a seguir, é possível exemplificar de forma prática como ocorre a movimentação do motor de passo e de que forma o trem de pulso atua nesta movimentação. Na Figura 3.3 a parte externa mostrada é o estator (é a parte estática do motor) que não entra em movimento. E a parte interna da figura é o rotor (que é a parte móvel do motor) que gira em torno do estator dependendo da sequência de pulsos enviada as bobinas do motor.



**Figura 3.3 – Movimentação do Motor de Passo**

(Fonte: SICA, 2006)

**Tabela 3.1 – Sequência do Trem de Pulso**

Enrolamentos		
A	B	C
1	0	0
0	1	0
0	0	1

(Fonte: SICA, 2006)

A Figura 3.3 mostra um motor que possui um rotor de quatro pontas e um estator que possui seis pólos. O que varia na movimentação é a sequência do trem de pulso. Para executar o movimento detalhado nesta figura, a sequência do trem de pulso enviado foi o da Tabela 3.1, veja que a cada sequência de bits enviados foi

energizada apenas uma bobina ou enrolamento por vez. No momento em que a bobina A é energizada, a ponta 1 do rotor é atraída em direção a esse pólo. Logo em seguida a bobina A é desligada e a bobina B é ligada, neste momento a ponta 2 do rotor é atraída para esta bobina. Posteriormente a bobina B é desligada e é ligada a bobina C, neste momento a ponta 3 do rotor é atraída para a bobina C. E continuamente sendo feito este processo de desligar e energizar essas bobinas o motor entra em movimento.

O motor de passo utilizado possui 5 fios, sendo um deles o comum, que é fio da alimentação, e os outros quatro são os fios usados para controlar a energização das bobinas. Para descobrir o fio comum (alimentação) do motor, quando não se tem essa informação, é possível descobrir apenas utilizando um multímetro. Basta colocar o multímetro na escala da resistência ( $\Omega$ ), fixar a ponta de prova em um dos fios e ir fazendo a medição nos outros fios. Quando apresentar a menor resistência num dos fios este será o comum, onde deverá ser ligada a alimentação do motor. Nestas medições só irão aparecer dois valores de resistência, sendo que o valor mais baixo indicará a resistência de uma única bobina. (Fonte site: [www.rogercom.com.br](http://www.rogercom.com.br))

Por meio das medições efetuadas descobriu-se que a resistência de suas bobinas é de 85 ohms, e sabe-se que o motor trabalha com 12v de tensão de alimentação. Com isso, através da Lei de Ohm, que trata da relação entre corrente, tensão e resistência, por meio da Fórmula 3.1 à seguir, onde:

$$V = R.I$$

### **Fórmula 3.1 – Lei de Ohm**

I – é a corrente em Amperes,

V – é a tensão em Volts,

R – é a resistência em Ohms,

é possível constatar que a corrente máxima que circula nas bobinas do motor de passo é de 140 mA.

Existem três formas de se energizar as bobinas do motor de passo. O passo completo 1 onde é energizada apenas uma bobina por vez (possui menor torque, menor consumo de energia e maior velocidade). O passo completo 2, onde duas bobinas são acionadas ao mesmo tempo a cada passo (possui maior torque, maior consumo de energia e velocidade similar a do passo completo 1) e o meio passo, onde se varia o acionamento das bobinas, como numa combinação dos dois anteriores (possui torque similar ao do passo 2, maior consumo de energia que os anteriores e a menor velocidade). Para este projeto foi escolhido o passo completo 1, por ser mais simples a sua programação e por possuir maior velocidade.

Como já foi visto, o motor de passo deverá receber sequências de bits para que entre em movimento. E para isto, neste projeto, ele estará conectado aos pinos de I/O da placa do microcontrolador. Na Tabela 3.2 é possível verificar cada um destes pinos:

**Tabela 3.2 – Pinagem de I/O da Placa do Microcontrolador**

<b>Pino</b>	<b>Descrição</b>
<b>1</b>	<b>Gnd</b>
<b>2</b>	<b>P1.0</b>
<b>3</b>	<b>P1.1</b>
<b>4</b>	<b>P1.2</b>
<b>5</b>	<b>P1.3</b>

(Fonte: CERNE, 2008)

A ligação entre as bobinas do motor de passo e os pinos de I/O da placa do microcontrolador estão organizados da seguinte forma: Bobina 1 com o pino P1.3; Bobina 2 com o pino P1.2; Bobina 3 com o pino P1.1 e Bobina 4 com o pino P1.0. É possível verificar estas ligações na Figura 3.5. Cada um dos fios representa uma bobina do motor de passo.

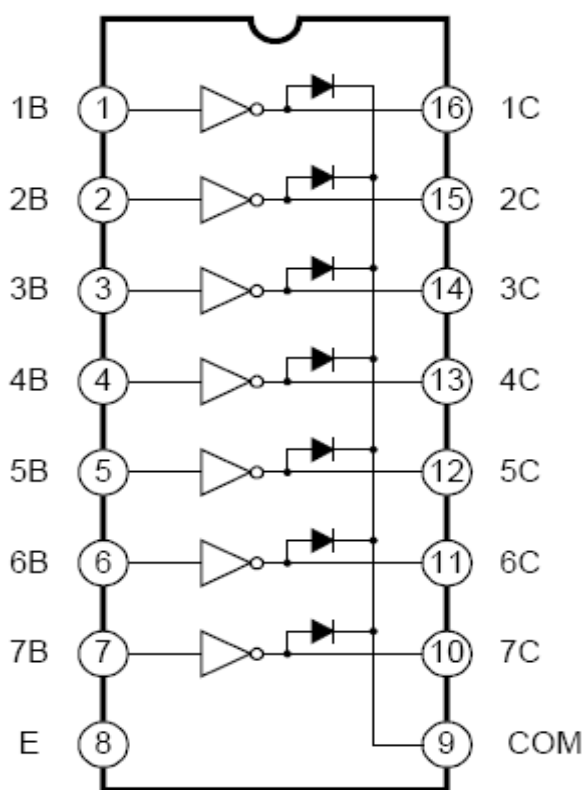
As ligações entre os pinos de I/O da placa do microcontrolador e as bobinas do motor de passo não podem ser feitas de forma direta. Há uma ‘ponte’ entre estes dois dispositivos. A seguir, são detalhadas suas funções e características.

A fonte utilizada para alimentação do motor de passo é de 12 volts e fornece uma corrente máxima de 500mA.



### 3.2.1 – CI ULN 2003

O circuito integrado ULN 2003 é um *driver* de controle do motor de passo. E trata-se de um CI muito barato, custa em média R\$ 2,00. Ele possui 16 pinos, que estão detalhados na Figura 3.4. Os pinos de 1 a 7 representam as entradas, e os pinos de 10 a 16 representam as saídas, o pino 8 é o terra e o pino 9 é o Vcc, a alimentação. Apenas 4 pinos de entrada e 4 pinos de saída deste CI serão utilizados. Ele suporta correntes de até 500mA e tensões de até 50V. (Fonte: ULN 2003, Datasheet) Com estas características atende perfeitamente ao motor de passo utilizado, que necessita de uma corrente de 140mA e uma tensão de alimentação de 12v.

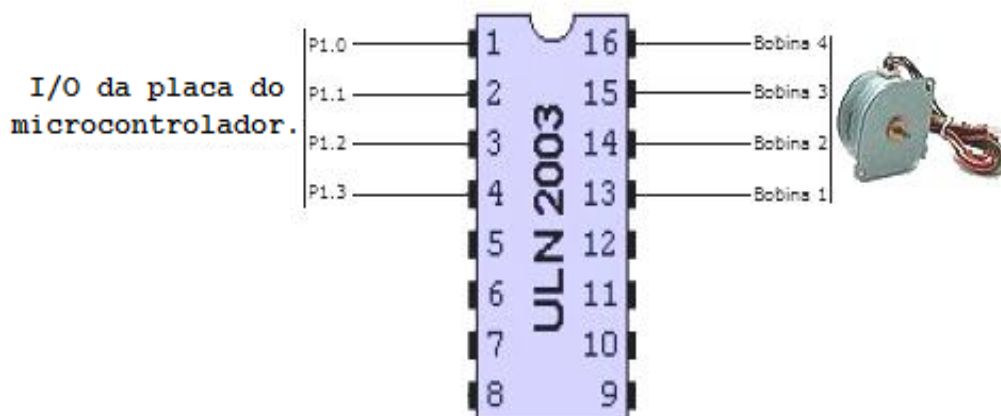


**Figura 3.4 – Pinos do CI ULN 2003**

(Fonte: ULN 2003, *Datasheet*)

A função básica deste dispositivo é amplificar os sinais de saída. O microcontrolador não fornece ao motor de passo a corrente necessária para colocá-lo em movimento, quem vai fornecer esta corrente que atenda ao motor é o CI ULN 2003. Este dispositivo é formado por um *array* de transistores *Darlington*. O transistor do tipo *Darlington* é um dispositivo semicondutor que combina dois transistores, que tem como objetivo obter um grande ganho de corrente.

A Figura 3.5 detalha a ligação entre o motor de passo, o CI ULN 2003 e o microcontrolador. Os pinos 1, 2, 3 e 4 do CI estão conectados aos pinos P1.0, P1.1, P1.2 e P1.3 do microcontrolador respectivamente. E os pinos 13, 14, 15 e 16 do CI estão conectados às bobinas 1, 2, 3 e 4 do motor de passo respectivamente.



**Figura 3.5 – Ligação entre o Microcontrolador, o CI ULN 2003 e o Motor de Passo**



### 3.4 – O Programa de Controle

Um dos focos principais deste projeto é o programa de controle desenvolvido. Ele deve atender as necessidades dos dispositivos utilizados, este programa é a parte central de controle deste projeto. Como já foi citado anteriormente, o programa foi desenvolvido na linguagem *Assembly*, já detalhada em itens anteriores.

À seguir é detalhado o programa, cada uma das suas funcionalidades e também os programas utilizados para a compilação e para efetuar a gravação do programa desenvolvido no microcontrolador.

A idéia central do programa desenvolvido é colocar o motor de passo em movimento apenas quando o sensor for acionado, e variar a velocidade de operação do motor (da esteira), levando em consideração o número de acionamentos efetuados pelo sensor de posição num dado período de tempo. A lógica do programa de controle dos dispositivos é baseada em dados coletados nos momentos de testes e também dados coletados no decorrer da execução do programa.

A lógica de controle desenvolvida é totalmente dependente da variável que determina a quantidade de acionamentos. Esta variável guarda a quantidade de acionamentos efetuados pelo sensor em um determinado período de tempo, e a partir deste valor é que vai ser determinada a velocidade de operação do motor de passo. O tempo também é uma das variáveis do programa e determina o período necessário para que o anteparo percorra toda a esteira, trata-se de um valor fixo

determinado no momento dos testes com a maquete da esteira rolante. Caso não ocorra nenhum acionamento neste período de tempo, ou seja, caso a quantidade de acionamentos seja igual a 0, o motor deve continuar parado (se ainda não tiver sido acionado), ou entrar em estado de repouso (se já estiver em movimento). Caso ocorram acionamentos, será verificada a sua quantidade, e se estiverem acima do número 'normal', a velocidade deverá ser aumentada (velocidade 2). Se estiverem dentro do padrão de normalidade, será fixada/determinada a velocidade padrão (velocidade 1). Este número 'normal', ou melhor, esta quantidade de acionamentos padrão também é uma variável do programa, determinada a partir de verificações e testes efetuados na maquete da esteira rolante.

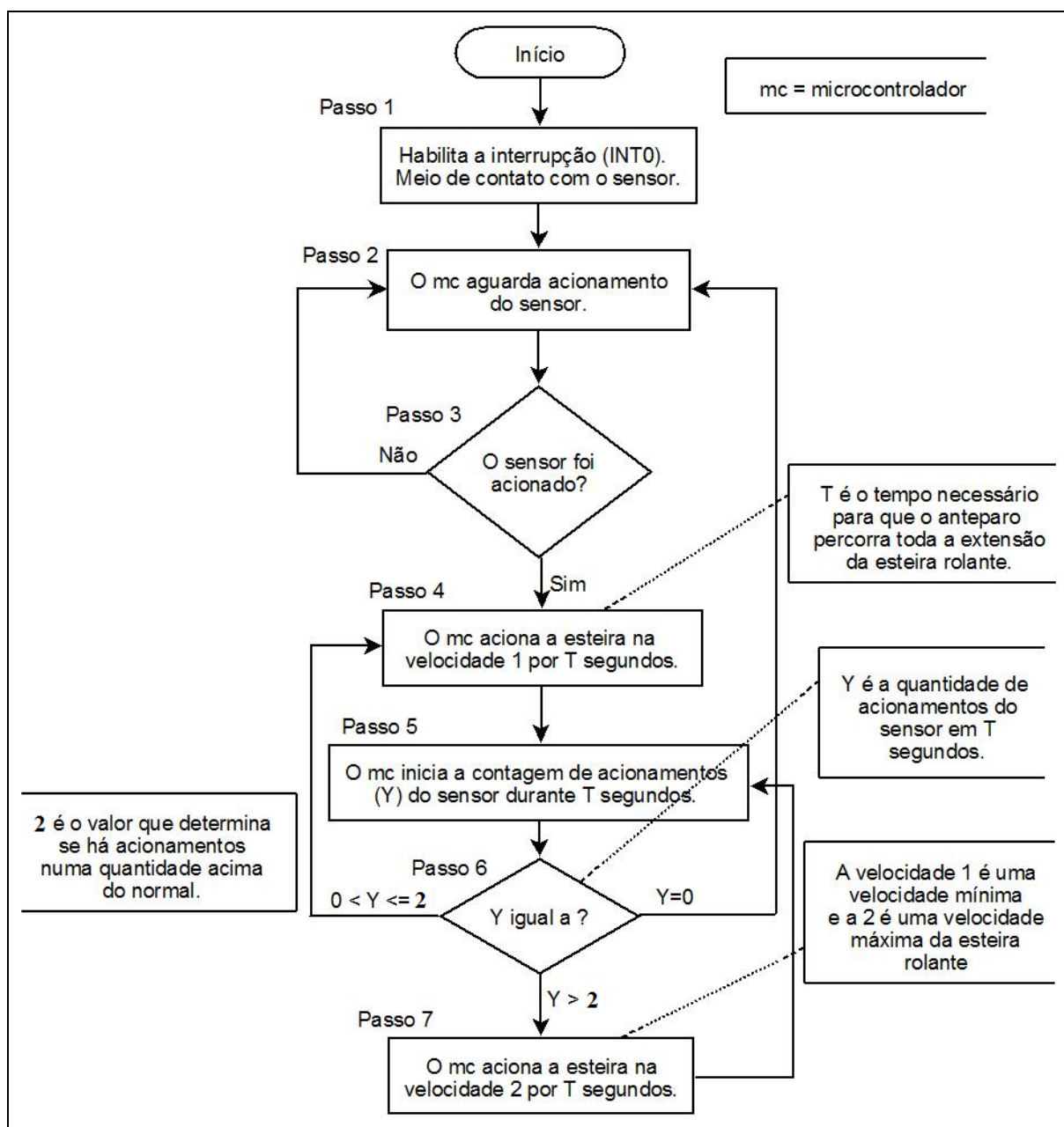
As principais variáveis do programa são:

Quantidade de acionamentos: é um valor adquirido a partir da contagem efetuada pelo microcontrolador, de interrupções ou acionamentos do sensor num dado período de tempo.

Tempo: trata-se de um valor fixo, determinado a partir do tempo gasto pelo anteparo para percorrer toda a extensão da esteira rolante. A variável deve ser determinada nos testes efetuados com a maquete da esteira rolante.

Quantidade de acionamentos padrão: trata-se de um valor fixo determinado a partir de testes efetuados na maquete da esteira rolante. Este valor estabelece se houve ou não aumento no fluxo de utilização da esteira. Servirá como base para comparações com a variável quantidade de acionamentos. A partir do resultado desta comparação, será determinada a velocidade de trabalho da esteira rolante.

O programa de controle desenvolvido compreende, dentre várias funcionalidades, o tratamento de interrupção externa (INT0), o uso de registradores e utilização das pinos de I/O da placa do microcontrolador. É por meio destes pinos que ocorre a comunicação entre o motor de passo e o microcontrolador. A velocidade de trabalho do motor de passo é determinada por meio de uma função de tempo denominada *Delay*, quanto maior o tempo entre o acionamento de uma bobina e outra do motor de passo, menor a velocidade do mesmo. A Figura 3.7 apresenta um fluxograma detalhado da estrutura do programa desenvolvido. O fluxograma abaixo foi desenvolvido no software livre Dia disponível no endereço: <http://live.gnome.org/dia>.



**Figura 3.7 – Fluxograma do Programa Desenvolvido**

Abaixo são descritos de forma detalhada os passos presentes na Figura 3.7:

O passo 1, onde é habilitada a interrupção, é mostrado na Figura 3.8 a seguir. Este procedimento é efetuado na rotina inicial do programa, denominada INIC. Neste ponto algumas variáveis utilizadas no programa também são inicializadas:

```

INIC:

    MOV    IP,#0

    MOV    TCON,#1

    MOV    IE,#10000001b

    MOV    SP,#24

    MOV    CT_TEMP,#0

    SETB   CHAVE1

    CLR    CHAVE2

```

**Figura 3.8 – Trecho do Código da Rotina Inicial do Programa**

No passo 2, o microcontrolador apenas aguarda a ocorrência de uma interrupção. E isto foi conseguido por meio de um loop infinito, que é mostrado na Figura 3.9 à seguir. O estado da variável CHAVE2, só será alterado quando o programa entrar na rotina de interrupção.

```

LOOP:

    JB     CHAVE2,ACIONA_MOTOR

    SJMP   LOOP

RET

```

**Figura 3.9 – Trecho do Código do Loop Infinito do Programa**



No passo 3 o sensor é acionado. Neste momento o programa se dirige até a rotina de interrupção, que é apresentada na Figura 3.10 a seguir. Nesta rotina o estado da variável CHAVE2 é alterado e a variável CT\_TEMP (contador de acionamentos) é incrementada. O incremento da variável de acionamentos é o passo 5, que ocorre dentro da rotina de interrupção a cada vez que o sensor de posição for acionado.

```
ROT_INT0:  
  
    CLR A  
  
    CLR C  
  
    INC CT_TEMP  
  
    JBC CHAVE1,TRATA_CHAVE  
  
    RETI  
  
TRATA_CHAVE:  
  
    SETB CHAVE2  
  
    RETI
```

**Figura 3.10 – Trecho do Código da Rotina de Interrupção**

O passo 4 mostra o acionamento da esteira na velocidade 1. No primeiro momento em que o sensor é acionado ele não efetua o tratamento da variável de quantidade de acionamentos, logo aciona o motor na velocidade 1. À partir do segundo acionamento é feito o tratamento da variável de quantidade de acionamentos para verificar se o sensor será acionado na velocidade 1 ou 2. Na

Figura 3.11, à seguir é mostrado o acionamento do sensor na velocidade 1. O registrador R4 controla a quantidade de voltas que o motor deve executar, ele é a variável tempo citada anteriormente e o seu valor pode ser alterado após os testes efetuados com a maquete da esteira rolante. O passo 7 é similar ao passo 4, a única diferença é que o tempo entre o acionamento de uma bobina e outra será menor para que o motor seja acionado em uma velocidade maior.

```
MOTOR_VEL1 :  
  
    ACALL ENER_BOB1  
  
    ACALL DELAY1  
  
    ACALL ENER_BOB2  
  
    ACALL DELAY1  
  
    ACALL ENER_BOB3  
  
    ACALL DELAY1  
  
    ACALL ENER_BOB4  
  
    ACALL DELAY1  
  
    DJNZ  R4 ,MOTOR_VEL1  
  
    SETB  CHAVE1  
  
    SJMP  LOOP  
  
RET
```

**Figura 3.11 – Trecho do Código do Acionamento do Motor de Passo**

O passo 6 mostra a verificação da quantidade de acionamentos. Neste ponto do programa é que é feita a comparação entre as variáveis de quantidade de

acionamentos e quantidade de acionamentos padrão. Dependendo do resultado da comparação entre as duas variáveis o motor é acionado na velocidade 1 ou 2. Na linguagem *Assembly* este tipo de verificação é feita utilizando o comando de subtração e verificando depois a situação da variável de *Carry*. Os comandos são mostrados na Figura 3.12 a seguir.

```
ACIONA_MOTOR:

    CLR    CHAVE2

    CLR    CHAVE3

    MOV    A,CT_TEMP

    CLR    C

    SUBB   A,#2

    MOV    CT_TEMP,#0

    MOV    R4,#165

    JNC    MOTOR_VEL2

    JC     MOTOR_VEL1

    SJMP   LOOP

RET
```

**Figura 3.12 – Trecho do Código da Chamada do Acionamento do Motor de Passo**

A lógica completa do programa na sua versão final pode ser vista no Apêndice B desta monografia.

### 3.4.1 – Compilação do Programa

Após finalizar o desenvolvimento do programa de controle é preciso fazer sua compilação para verificar os erros, corrigi-los se necessário e gerar o arquivo .bin que deve ser gravado no microcontrolador.

O programa utilizado para compilação e edição do código foi o Jen's File Editor, versão 3.84. Este programa foi conseguido no CD anexo ao kit do microcontrolador adquirido. Na Figura 3.13 é mostrada a tela inicial deste programa após a compilação caso não ocorram erros.

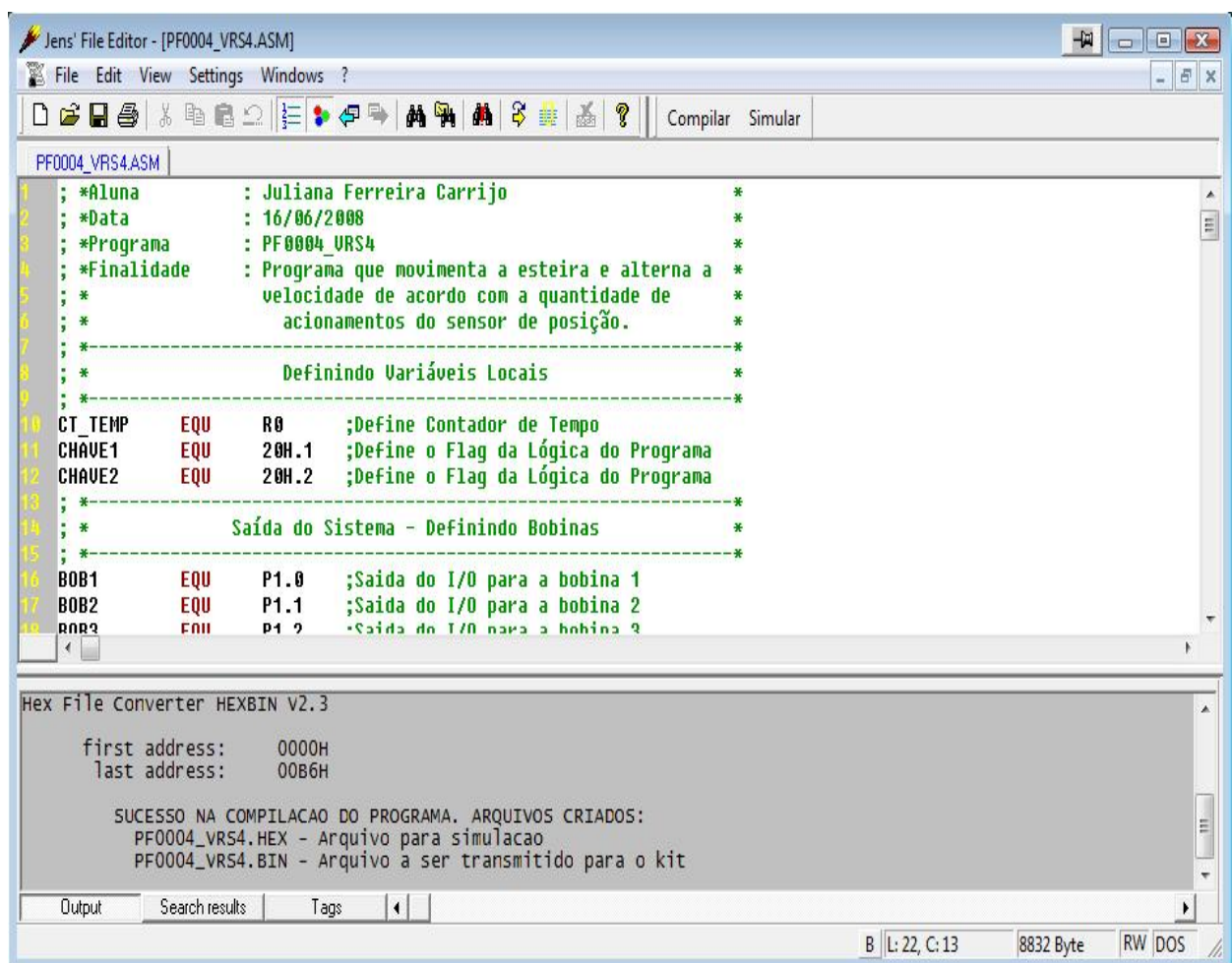


Figura 3.13 – Tela do Programa Jen's

### 3.4.2 – Gravação do Programa no Microcontrolador

Depois de ter compilado o programa e tendo gerado o arquivo com extensão .bin já é possível gravar este programa no microcontrolador. Para a execução desta tarefa foi escolhido o programa Grava, versão 2.11 também disponível no CD anexo ao kit do microcontrolador. Neste programa é possível selecionar o chip utilizado dentre uma lista de chips compatíveis, conforme Figura 3.14.

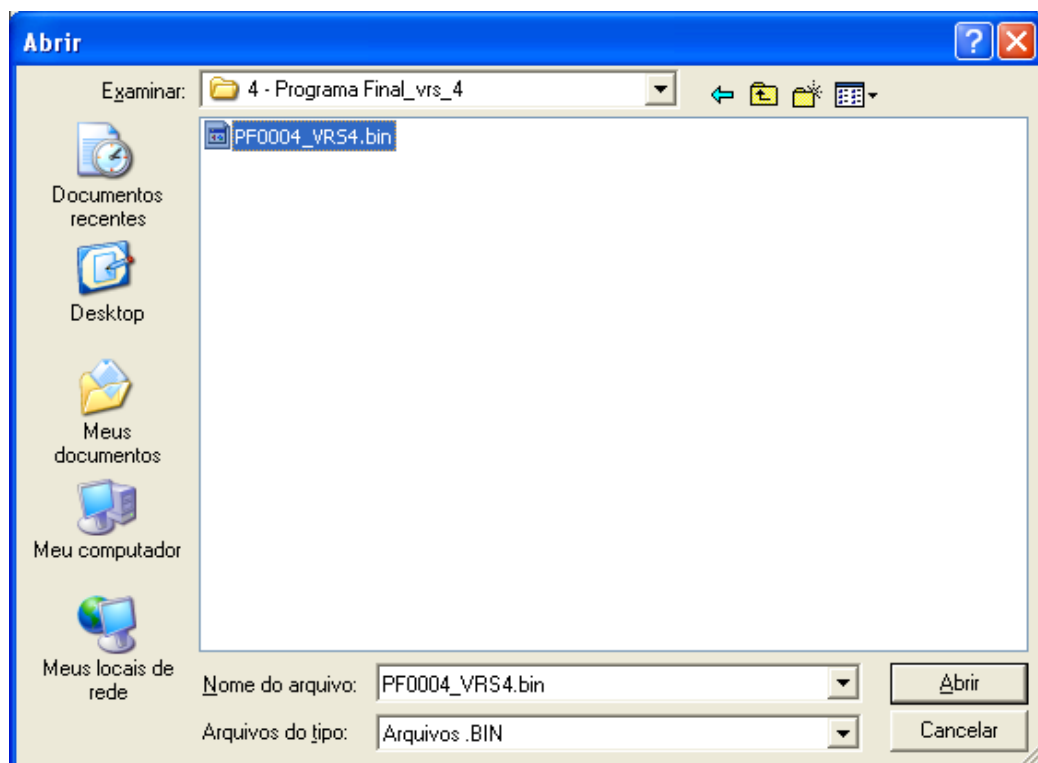


**Figura 3.14 – Seleção do Chip Utilizado**

Para gravar o arquivo no chip do microcontrolador, basta clicar no botão Gravar que pode ser visto na Figura 3.15 a seguir. E selecionar o arquivo com extensão .bin para ser gravado no chip, o detalhe da tela de seleção é visto na Figura 3.16. Após a escolha do arquivo basta aguardar a conclusão da gravação conforme Figura 3.17.



**Figura 3.15 – Tela Principal do Programa de Gravação**



**Figura 3.16 – Seleção do Arquivo com Extensão .bin**



**Figura 3.17 – Tela Apresentando *Status* da Gravação**

### **3.5 – Desenvolvimento da Maquete**

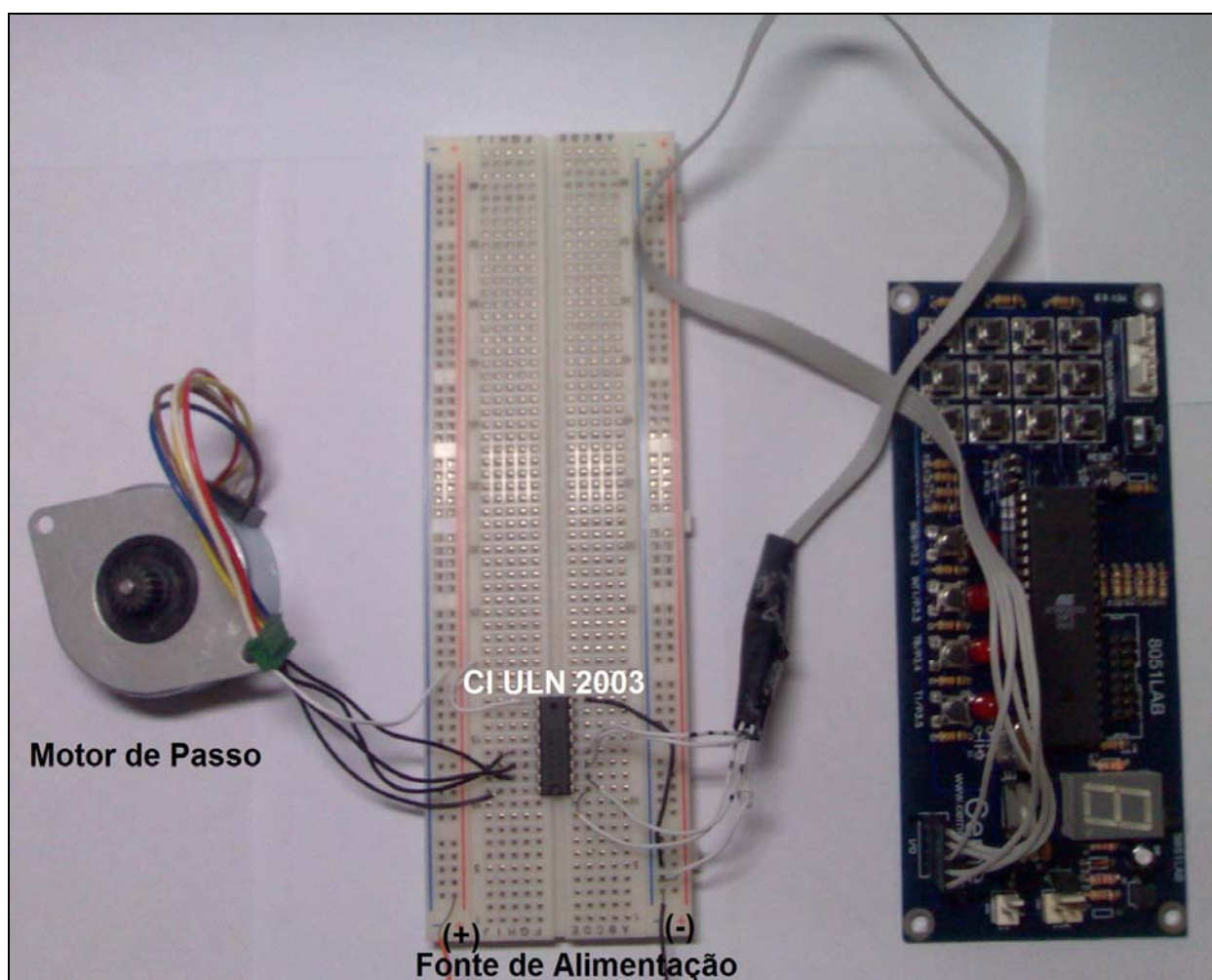
Em linhas gerais, o funcionamento desta maquete consiste em estruturar um motor de passo conectado a um microcontrolador, que por sua vez estará conectado ao sensor de posição. A seguir são descritas todas as conexões que compõem esta estrutura e a construção da maquete.

#### **3.5.1 – Conexão entre o Microcontrolador e o Motor de Passo**

Para que fosse feita a conexão entre o motor de passo e o microcontrolador foi necessário construir uma placa onde os dispositivos pudessem ficar dispostos de forma mais organizada e de maneira mais segura. Também foi montado um cabo

utilizado para a conexão entre a placa onde será instalado o CI ULN 2003 e a placa do kit do microcontrolador.

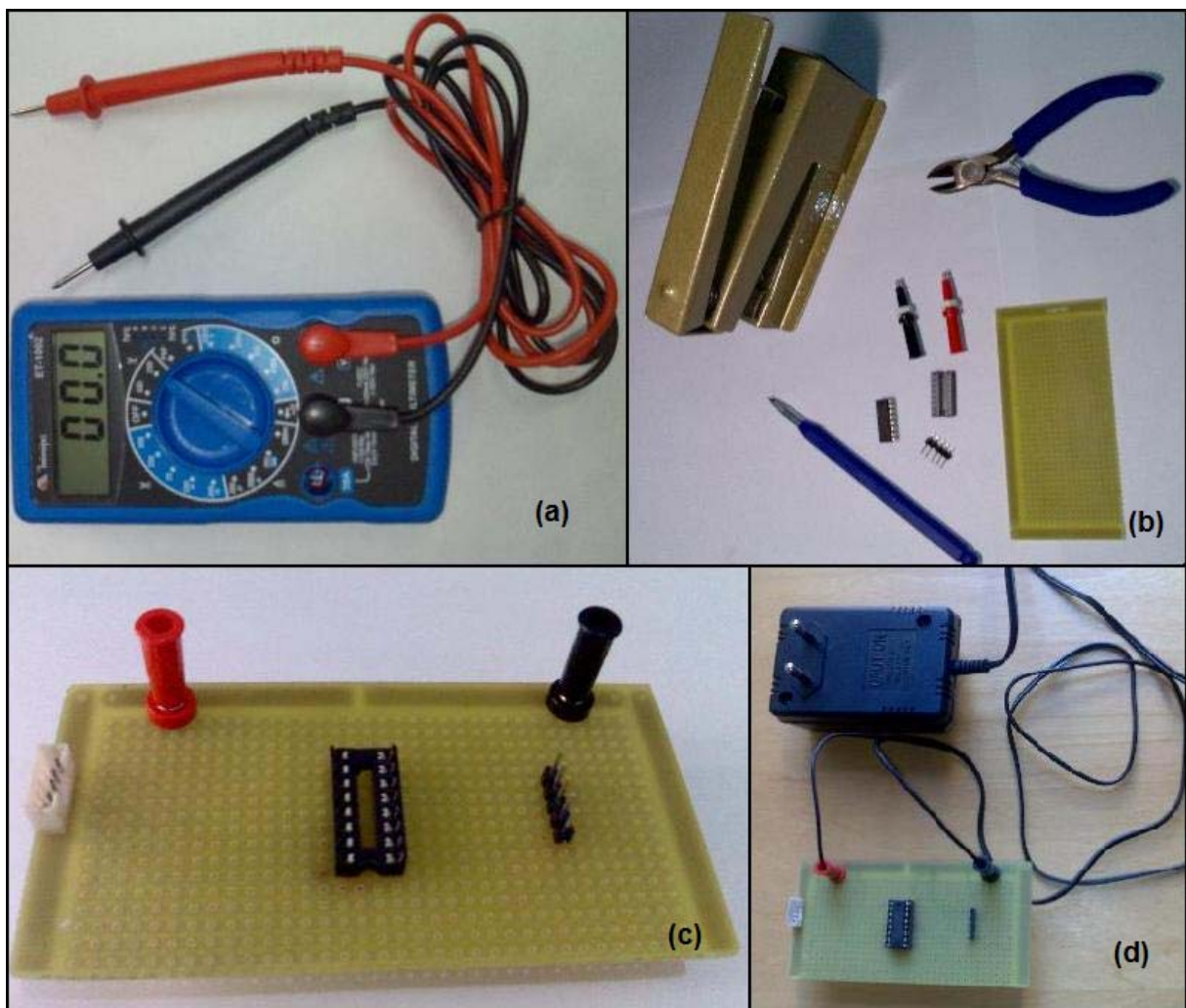
Os testes iniciais da conexão foram feitos utilizando-se um *protoboard* no lugar da placa, mas após verificar que o circuito estava montado de forma correta e terem sido feitos os devidos testes no circuito, foi construída a placa para a instalação deste circuito. Na Figura 3.18 é mostrada a estrutura inicial do circuito montada no *protoboard*.



**Figura 3.18 – Circuito Montado no *Protoboard***

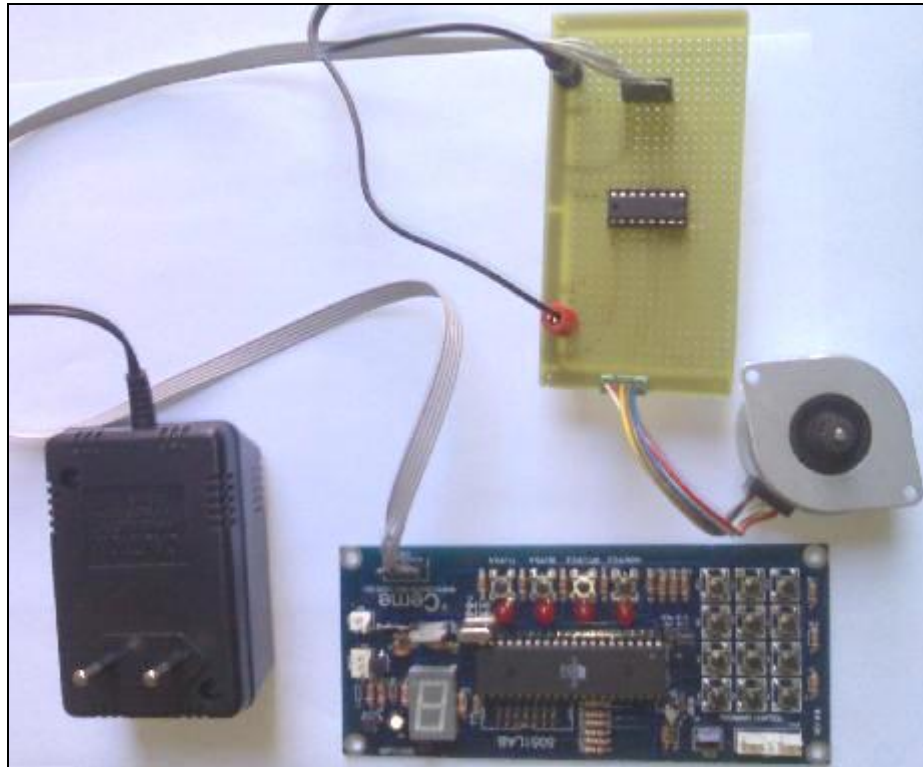


Para a montagem da placa e do cabo de conexão foram utilizados os seguintes itens: placa de fenolite perfurada, sugador de solda, furador de placa, alicate de bico, alicate de corte, fios coloridos, pinos e conectores do tipo banana para a ligação da fonte de alimentação do motor de passo, cortador de placa simples, solda, cabo *flat*, multímetro, conectores diversos para a montagem do cabo, CI ULN 2003, o soquete do CI ULN 2003, ferro de solda e fios do tipo 'cabinho'. Na Figura 3.19 são mostrados os itens usados na construção da placa:



**Figura 3.19 – (a) Multímetro, (b) Ferramentas Usadas na Construção da Placa, (c) Placa Finalizada e a (d) Placa com a Fonte de Alimentação**

Toda a estrutura mostrada na Figura 3.20 com o motor de passo, a placa do kit do microcontrolador, a placa com o CI ULN 2003 e a fonte de alimentação deve ser colocada sobre a maquete de madeira de forma organizada.

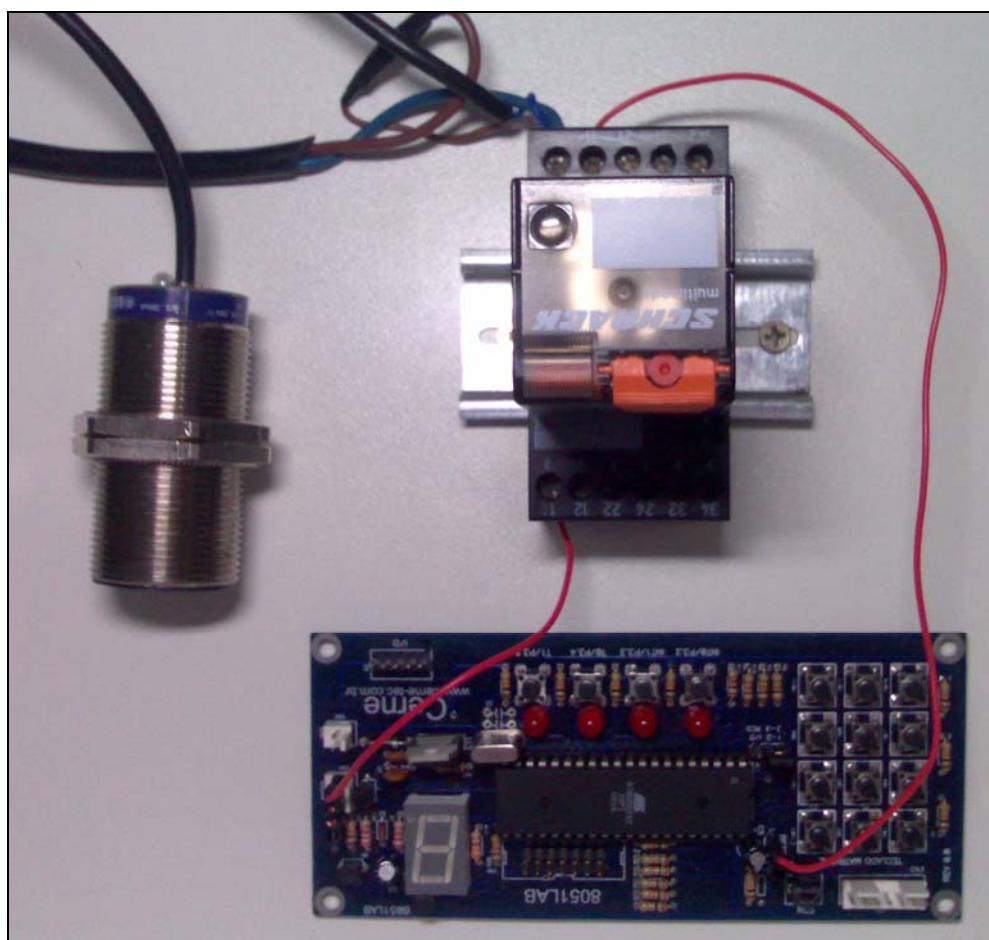


**Figura 3.20 – Resultado Final do Circuito utilizado entre o Motor de Passo e o Microcontrolador**

### **3.5.2 – Conexão entre o Microcontrolador e o Sensor Indutivo**

Como já citado anteriormente, a forma de conexão entre o microcontrolador e o sensor de posição é realizada por meio da interrupção (INT0). O sensor é um *hardware* externo a todo o circuito, e o objetivo é que o seu acionamento interrompa a execução do programa. Por isso a escolha deste tipo de conexão.

Entre o sensor de posição e a placa do kit do microcontrolador existe um relé de 3 contatos reversíveis. Uma das extremidades do contato do relé é ligada no pino do microcontrolador referente à interrupção e a outra extremidade é ligada no pino terra (GND) do microcontrolador. O acionamento ocorre quando é fechado o contato, ou seja, no momento em que o sensor é acionado. No Apêndice A encontra-se o esquema elétrico do circuito da maquete onde é possível verificar esta conexão, e na Figura 3.21 é apresentada a ligação dos dispositivos.



**Figura 3.21 – Ligação entre o Sensor, o Relé e a Placa do Microcontrolador**

### 3.5.3 – A Construção da Maquete

Para a construção da maquete, além dos circuitos e conexões citadas os itens anteriores, foi preciso montar a sua base em madeira e toda a parte estrutural da esteira (a borracha, a correia dentada, as engrenagens e os eixos).

O primeiro procedimento foi encontrar duas engrenagens (uma para cada extremidade da esteira) e uma correia dentada, que não fosse muito longa, sendo que esta correia e as duas engrenagens deveriam ser compatíveis (com seus dentes compatíveis), e encontrar estes dispositivos foi uma grande dificuldade. Eles foram adquiridos em uma loja de sucatas de impressoras em Taguatinga-DF.

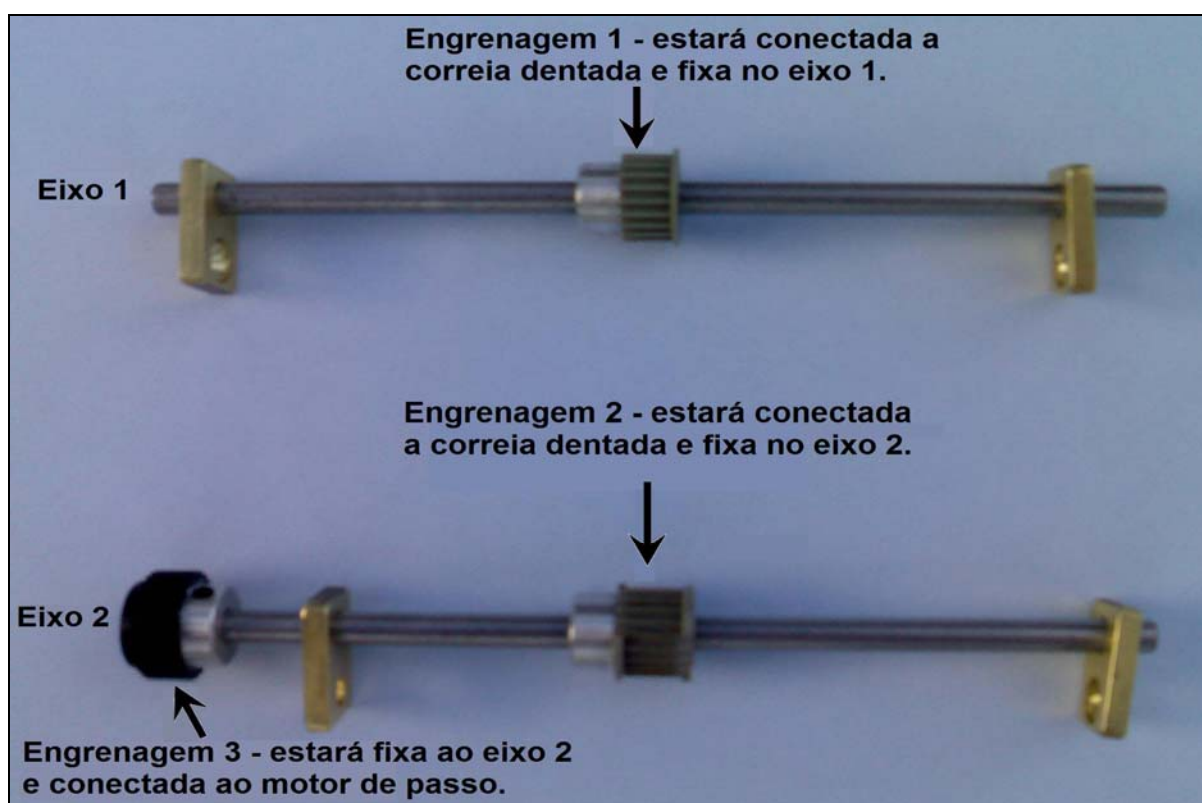
Além destas duas engrenagens, foi preciso localizar uma terceira que fosse compatível com a engrenagem do motor de passo, já que é este motor que irá colocar a esteira em movimento. A engrenagem a ser conectada junto ao motor de passo foi conseguida numa loja de manutenção de dispositivos de informática, na sucata de um *scanner*. Esta terceira engrenagem foi adquirida sem nenhum custo.

Após ter adquirido estes dispositivos, iniciou-se a busca por um material de borracha em lojas de ferramentas e máquinas para construir a esteira rolante. Foi adquirido, um lençol de borracha.

Para unir todos estes dispositivos, principalmente as engrenagens com seus diâmetros totalmente distintos, foi preciso utilizar dois eixos. Não foi possível encontrar estes eixos, com características tão específicas, disponíveis no mercado.

Para tanto, a tarefa da construção dos dois eixos e adaptação das engrenagens foi designada a um micro torneiro.

Na Figura 3.22 é possível visualizar os eixos construídos juntamente com as engrenagens adquiridas. E a esteira juntamente com a correia dentada é mostrada na Figura 3.23, a seguir. Os eixos mostrados na Figura 3.22 possuem 13 cm de comprimento cada, o eixo 2 é o responsável por tracionar toda a esteira, pois ele é que estará diretamente ligado ao motor de passo por meio da engrenagem 3.



**Figura 3.22 – As Engrenagens e os Eixos**





**Figura 3.23 – Esteira de Borracha com a Correia Dentada.**

A esteira de borracha mostrada na Figura 3.23 tem uma largura de 6cm e o seu comprimento total é de 71cm, o mesmo comprimento da correia dentada que está colada em seu interior, conforme mostra a figura.

A base da maquete foi construída em madeira, e a construção desta estrutura foi designada a um marceneiro. Para que a montagem da maquete ocorresse sem problemas, foi preciso determinar as medidas e os detalhes desta estrutura onde fosse possível instalar todos os dispositivos de forma correta, não prejudicando as suas funcionalidades.

### 3.5.3.1 – Montagem da Maquete Passo a Passo

Para a montagem da maquete foi preciso que todos os dispositivos que a compõem estivessem prontos, são eles: o motor de passo, o sensor indutivo, a placa com o microcontrolador 8051, a placa contendo o CI ULN 2003, os eixos com as engrenagens e a borracha da esteira rolante.

Tendo todos estes dispositivos em mãos a montagem da estrutura de madeira foi iniciada. Toda a montagem foi orientada quanto ao posicionamento dos dispositivos na mesma. Na Figura 3.24 são apresentadas imagens com algumas etapas da montagem da maquete.

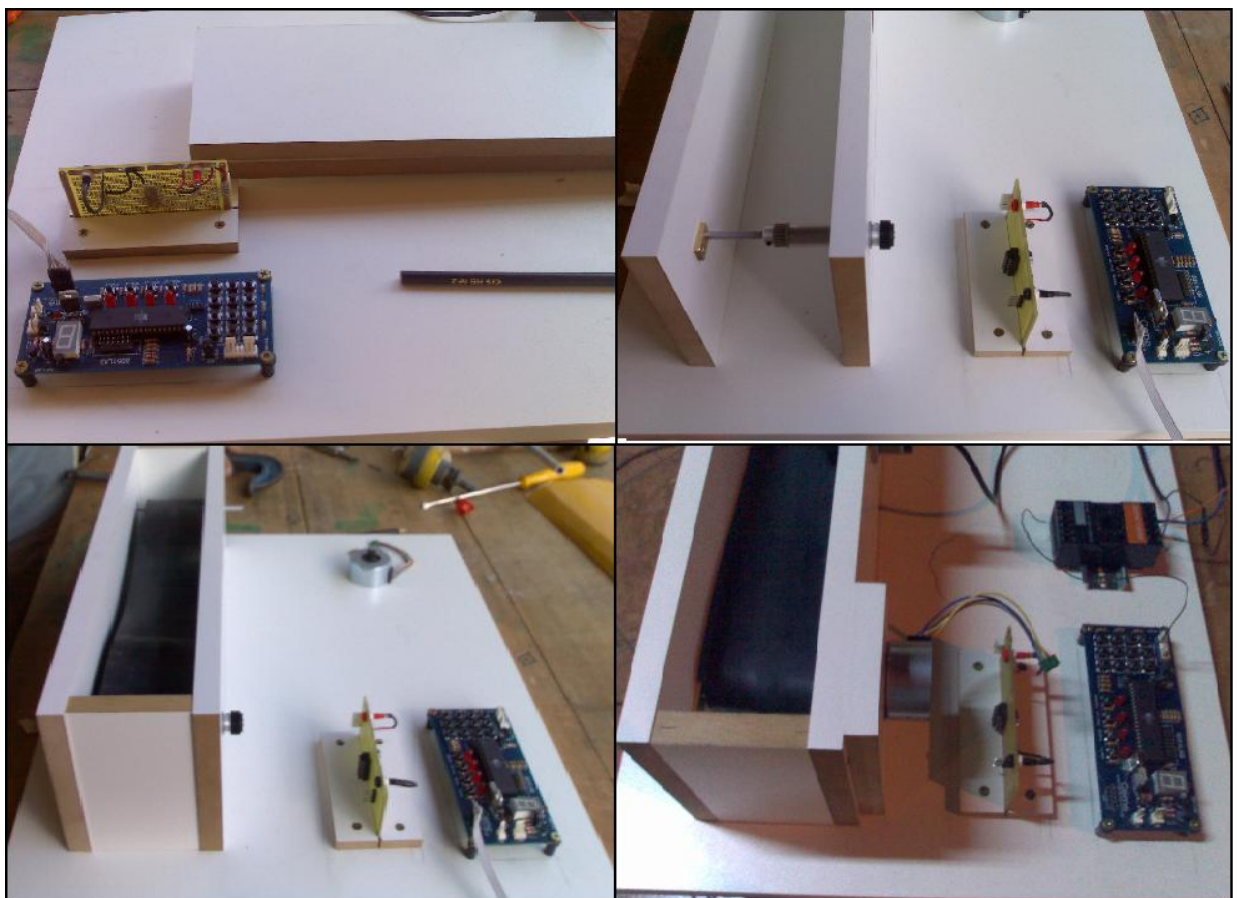
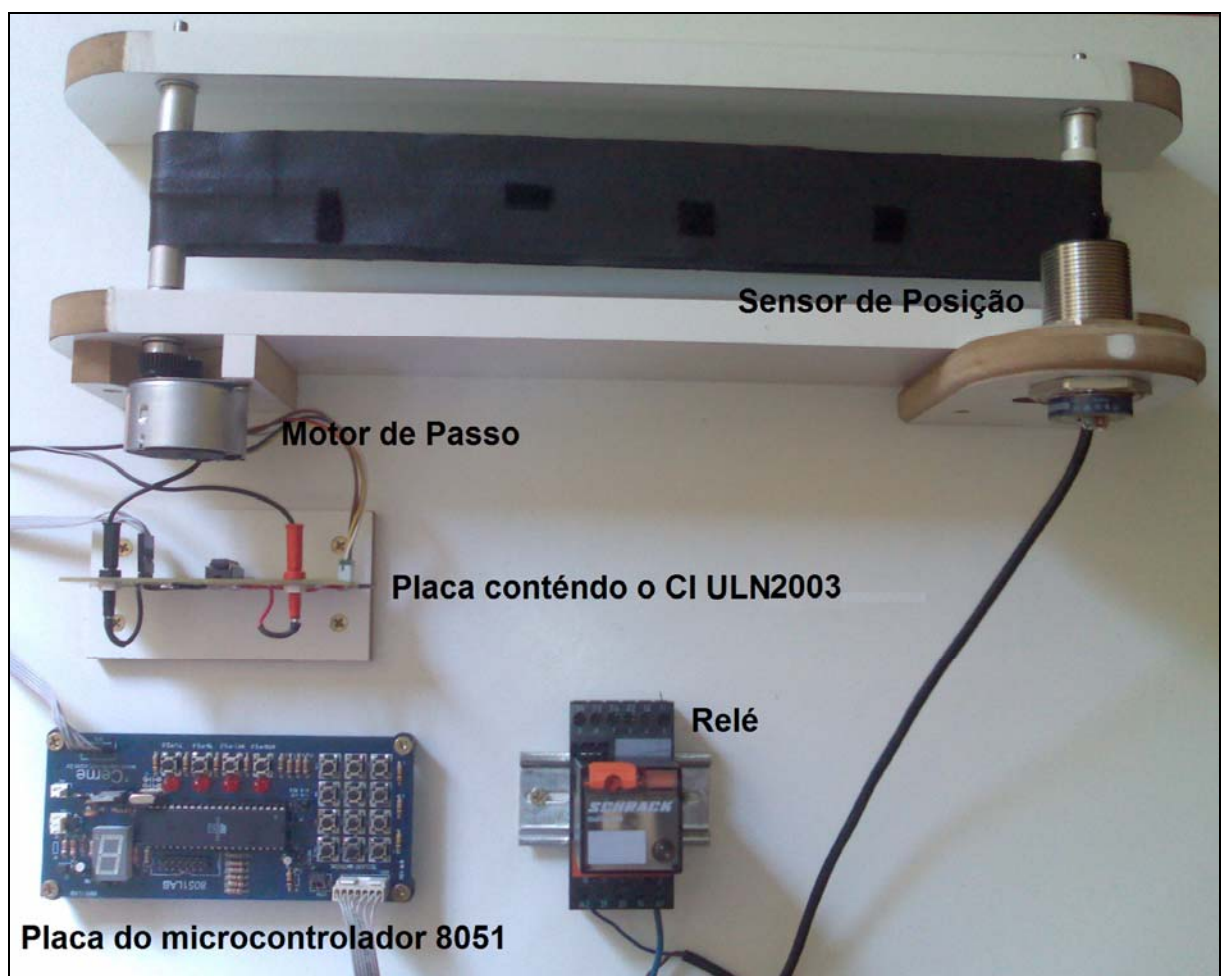


Figura 3.24 – Etapas da 1ª Construção da Base de Madeira da Maquete

Ao finalizar a construção da maquete e efetuar os testes foi constatado que a estrutura não atendia a necessidade do projeto e por isso foi preciso efetuar alguns ajustes na mesma e a Figura 3.25 mostra como ficou a base da maquete, após a sua reconstrução. Os problemas ocorridos com a mesma são detalhados no item 3.6.



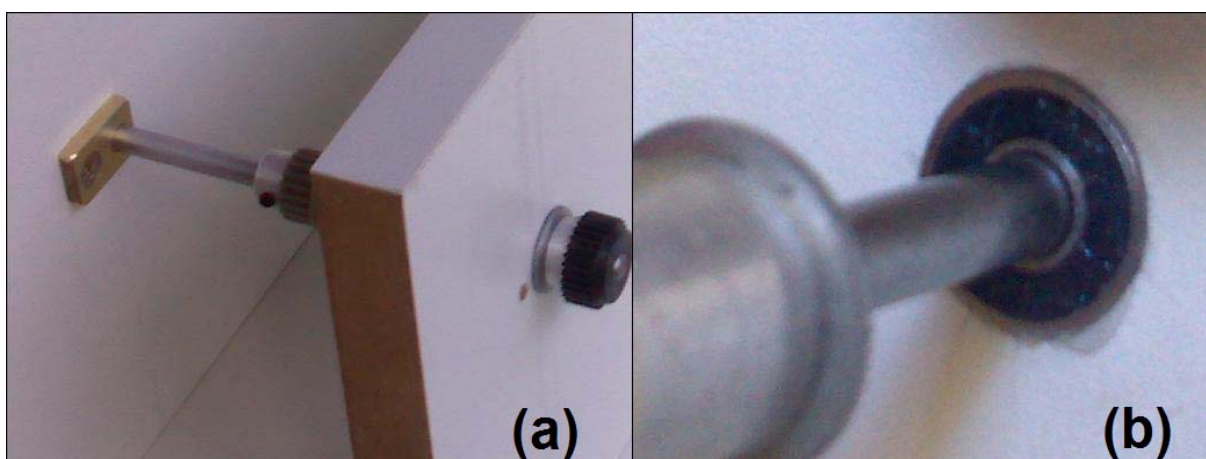
**Figura 3.25 – Base de Madeira da Maquete após a Reconstrução**

Seguem as medidas da base em madeira: Madeira tipo MDF com 40cm de largura, 50cm comprimento e 2cm de altura).



### 3.6 – Resultados Obtidos

Conforme já citado no item 3.5.3.1, após construir a maquete e na tentativa de efetuar os testes com toda a estrutura montada e com o programa de controle finalizado, foi constatado que a maquete não atendia as necessidades do projeto. O motor de passo não conseguia girar os eixos e a esteira de forma satisfatória por ter pouca força para isso. Foi preciso, alterar a estrutura da maquete, diminuir a distância entre os dois eixos, instalar rolamentos para facilitar a movimentação dos mesmos e também foi modificada a programação que aciona o motor de passo. Anteriormente foi utilizado o acionamento por passo completo 1, que possui menor torque, esse acionamento foi substituído para o passo completo 2 onde o torque é maior, a velocidade de ambos é a mesma. Na Figura 3.26 é mostrado como era feito o apoio dos eixos, e como ficou depois da instalação dos micro rolamentos.



**Figura 3.26 – (a) Antes da Alteração na Base de Estrutura dos Eixos e (b) Após a Instalação dos Rolamentos.**

Além dos ajustes citados acima, também foi preciso mudar o material utilizado para a construção da esteira, que antes era uma borracha. Este material exercia uma pressão muito grande sobre os eixos o que dificultava bastante na rotação dos mesmos. O novo material utilizado foi uma napa (Do Dicionário Aurélio: Espécie de pelica fina e macia).

Após essa reconstrução e os ajustes na maquete da esteira rolante, foi possível efetuar os testes e determinar os valores de variáveis do programa como o tempo e a quantidade de acionamentos padrão. Estas são variáveis de valor fixo utilizadas para comparações dentro da lógica do programa desenvolvido. A variável tempo é o registrador R2, este valor é quantidade de repetições da energização das bobinas do motor, e este tempo deve ser suficiente para o anteparo percorrer toda a extensão da esteira rolante, após os testes efetuados com a maquete da esteira rolante foi determinado o valor 165. Já a variável de quantidade de acionamentos padrão é o número de acionamentos á partir do qual a esteira passará da velocidade 1 para 2. Para facilitar a visualização da mudança de velocidade no momento da demonstração para a banca esta variável recebeu o valor 2.

A variável quantidade de acionamentos é determinada á partir da contagem de acionamentos do sensor.

No momento dos testes constatou-se um problema de ruído no acionamento do sensor que impacta no correto funcionamento do programa. A chave do relé não é uma chave perfeita, no momento do seu acionamento ela não parte do nível lógico 0 para o nível lógico 1 de forma instantânea. Nesse intervalo existe um tempo em que o sinal do nível lógico oscila até o momento de sua estabilização. O ruído não

permitiu que o programa funcionasse de forma satisfatória quando o acionamento foi feito por meio do sensor. Foram feitas várias tentativas para eliminar o ruído via programa, mas todas sem sucesso. A solução encontrada foi simular o acionamento do sensor por meio de um dos botões da placa do kit do microcontrolador que está conectado a interrupção INT0, a mesma utilizada na conexão com o sensor. Desta forma, o programa contido no Apêndice B desta monografia apresenta o acionamento por meio do botão, simulando o sensor.

## **Capítulo 4 – Considerações Finais**

Neste capítulo são apresentadas as principais dificuldades encontradas no decorrer da execução do projeto, as conclusões obtidas com o seu desenvolvimento, o custo total detalhando cada dispositivo adquirido e o seu respectivo valor e sugestões para trabalhos futuros.

### **4.1 – Dificuldades Encontradas**

Na execução e desenvolvimento do projeto foram encontradas muitas dificuldades. A primeira delas foi encontrar os dispositivos necessários para a construção da maquete.

O kit do microcontrolador foi adquirido pela internet e o primeiro procedimento efetuado com a chegada do dispositivo foi a realização de testes para certificar o seu funcionamento. O kit do microcontrolador ligava, mas ao tentar gravar um programa de testes a ferramenta apresentava erro na transferência do arquivo. Demorou muito tempo para constatar que o problema estava no cabo de ligação do kit do microcontrolador com o microcomputador por meio da porta paralela. Foi uma semana de longos contatos por e-mail e até por telefone com a empresa fornecedora do kit e mais uma semana para o envio do novo cabo. Muito tempo que poderia ser aplicado em outras tarefas foi perdido. Caso o kit do microcontrolador já estivesse funcionando, este tempo poderia ter sido utilizado para iniciar os testes do circuito completo.

O motor de passo utilizado no projeto foi cedido por um estudante universitário que o utilizou para projetos acadêmicos. Localizar um motor de passo não é uma tarefa simples, porém existem alguns caminhos para adquirir um destes motores. O primeiro deles é a internet, as empresas pesquisadas que atuam no ramo dos micro motores não possuem sede em Brasília, e a sua maioria não efetua venda para pessoa física, o que dificulta bastante a aquisição do motor de passo. Mas foi possível encontrar uma empresa chamada Action Motors, sediada em Indaiatuba-SP com site para venda em todo o Brasil. A empresa trabalha com motores de passo bastante acessíveis e com venda para pessoa física (disponível no site: [www.actionmotors.com.br](http://www.actionmotors.com.br)). Existem também as lojas de sucatas de impressoras, mas normalmente não têm sequer alguma especificação técnica do motor, algo bastante necessário para o desenvolvimento de um projeto acadêmico.

Para a montagem da esteira, foi preciso encontrar três engrenagens sendo que uma delas deveria ser compatível com o motor de passo. Essas engrenagens foram encontradas em lojas de sucatas de impressoras e de manutenção de dispositivos de informática, porém as engrenagens eram, cada uma, de um equipamento diferente, o que dificultou ainda mais a tarefa. Além das engrenagens, também foi preciso encontrar uma correia dentada, compatível com duas delas, que foram utilizadas para tracionar a esteira. Essa procura não foi simples. Foi preciso visitar algumas lojas e fazer medições minuciosas em cada um desses dispositivos para constatar se de fato atendiam a necessidade da montagem da esteira.

As maiores dificuldades são todas relacionadas com a aquisição de equipamentos e dispositivos, que não são muito comuns e normalmente não são encontrados no comércio de Brasília. Mas todo o restante dos componentes e

dispositivos utilizados para a montagem de placas e cabos foi possível encontrar na loja Contato Eletrônica que fica na SCLS 310.

Na finalização da montagem da maquete foi preciso contar com a ajuda e experiência de dois profissionais. O primeiro deles foi um micro torneiro já que na busca das engrenagens não foi possível encontrar eixos compatíveis com as mesmas, visto que cada uma delas possuía raios da circunferência interna bem diferentes. Por isso houve a necessidade de construir eixos que pudessem ser compatíveis com estas engrenagens. Daí iniciou-se a busca por um torneiro, mas ao localizar um profissional o mesmo informou que não seria possível executar o serviço por se tratarem de eixos muito pequenos, e informou que este serviço somente poderia ser feito por um micro torneiro. Foi feito o contato com o mesmo, e os eixos foram construídos conforme solicitado. O Micro Torno situa-se no Setor de Oficinas Sul, quadra 03, conjunto A, lote 15 e seu telefone é (61) 3233-4133.

O segundo profissional foi um marceneiro. Ele construiu a base da maquete, em madeira, a partir das orientações baseadas nas necessidades do projeto. Mas a primeira montagem da maquete não foi bem sucedida, na execução dos primeiros testes com todos os dispositivos instalados percebeu-se que o motor não conseguia girar os eixos responsáveis por tracionar a esteira. Então se verificou a necessidade de utilizar rolamentos para facilitar a movimentação dos eixos. Os rolamentos foram adquiridos na loja Rolapel localizada no Setor de Oficinas Sul, quadra 04, conjunto B, lote 4. A loja é especializada em todos os tipos e tamanhos de rolamentos. Foi feita uma reestruturação na base da maquete e a partir daí os últimos testes foram efetuados.

O ponto considerado mais crítico deste projeto foi a construção da maquete da esteira rolante. Como já citado anteriormente, a maquete chegou a ser reconstruída, e mesmo após a reconstrução foram necessários alguns ajustes. Só era possível constatar se o motor de fato conseguiria girar a esteira depois que toda a estrutura estivesse pronta. E o ponto crítico gira em torno da capacidade do motor de movimentar a esteira. Foi preciso, inclusive, trocar o material desta esteira, que antes era de uma borracha mais dura e resistente, por um material mais frágil e leve. Na construção de protótipos ou maquetes é necessário que sejam efetuados muitos testes, o que dispende bastante tempo.

No momento da execução dos testes com a maquete foi constatado um problema de ruído na chave de acionamento do sensor, que não pode ser solucionado a tempo. Desta forma, o acionamento do sensor teve que ser simulado por meio de um botão disponível na placa.

## **4.2 – Conclusões**

Este projeto teve como objetivo a construção de uma esteira rolante movimentada por um motor de passo, acionada por um sensor de posição indutivo e controlada por um microcontrolador. O objetivo era aplicar conhecimentos por meio do desenvolvimento de todo o projeto. Tomando como base os objetivos específicos listados no item 1.3 desta monografia, chega-se a conclusão que o que foi almejado foi alcançado com algumas ressalvas.

Quanto a montar o circuito utilizando o motor de passo, o sensor de posição indutivo, o microcontrolador, bem como outros dispositivos necessários, esta tarefa

foi totalmente executada e detalhada nos itens 3.5.1 e 3.5.2. Algo muito interessante e que foi percebido no decorrer deste desenvolvimento é que a interação entre o motor de passo e o microcontrolador é muito simples e prática.

Com relação ao objetivo específico de desenvolver o programa de controle na linguagem Assembly, este objetivo também foi alcançado. Mas nesse caso há uma ressalva, no momento em que é feito um acionamento por parte do sensor ao microcontrolador, como a chave do relé não é uma chave ideal, gera ruídos. Desta forma, o acionamento utilizando o sensor não gerou uma resposta satisfatória. Por este motivo, na apresentação do projeto para a banca e durante os testes efetuados, foi utilizado um botão da placa do kit do microcontrolador para simular o acionamento do sensor.

O objetivo específico de alterar a velocidade de rotação da esteira rolante, por meio do programa, de acordo com a quantidade de acionamentos detectados pelo sensor de posição também foi alcançado e se encontra detalhado no item 3.4 desta monografia. Todos os passos com relação ao programa desenvolvido e suas funcionalidades estão listados no item 3.4.

Todos os procedimentos efetuados neste trabalho tiveram as suas dificuldades específicas. Mas dentre eles o que mais causou atrasos e problemas foi sem dúvida a construção da maquete para demonstração de todo o projeto. No início toda uma estrutura foi vislumbrada e até mesmo construída. No entanto, no momento dos primeiros testes viu-se que a estrutura idealizada não era funcional. Ela não atendia as necessidades do projeto, não permitindo a rotação dos eixos da esteira, conforme já detalhado nos itens 3.5.3.1 e 3.6. Este problema atrapalhou



todo o andamento do desenvolvimento da parte prática e consequentemente da monografia.

#### **4.3 – Sugestões de Trabalhos Futuros**

A partir da monografia e do projeto desenvolvido é possível atribuir algumas evoluções nos estudos efetuados, que são descritas abaixo como sugestões para implementações em projetos futuros:

- Incluir no projeto uma interface com o usuário, implementando por exemplo, funções específicas para dias ou até horas de pico de utilização do equipamento e até novas velocidades de trabalho da esteira, podendo levar em conta o local onde o mesmo será instalado. Disponibilizar ao usuário a possibilidade de alterar a velocidade do equipamento ou mesmo selecionar algumas destas funções, utilizando um celular, um computador ou mesmo um *Palm Top* para efetuar essa interface.
- Realizar estudos e pesquisas para mensurar a economia de energia alcançada por meio do uso deste projeto, e também a diminuição no desgaste de peças do equipamento.
- Implementar, de forma física e lógica, mais um sensor a estrutura que poderia ser instalado na outra extremidade da esteira para determinar o momento em que o anteparo terminou o seu percurso. Neste caso ocorreria a melhoria do programa retirando algumas variáveis que foram utilizadas com valor fixo. Pode também ser utilizado um sensor infravermelho ativo.

- Desenvolver um estudo para determinar o número de acionamentos padrão, que é utilizado para verificar se houve ou não aumento no fluxo de utilização da esteira rolante. Constatando quando de fato seria necessário aumentar a velocidade da esteira rolante, fazendo um paralelo com uma esteira real.

## Referências Bibliográficas

1. ACTION MOTORS - Motores Elétricos. São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.actionmotors.com.br>. Acesso: 20 de abril de 2008.
2. CERNE, Conhecimento para o desenvolvimento. KIT 8051 LAB. CD.
3. Correias Mercúrio SA Ind. e Com. Disponível em: <http://www.correiasmercurio.com.br/br/catalogos.asp>. Acessado em: 15 de maio de 2008.
4. FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Minidicionário da língua portuguesa**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1993.
5. FITZGERALD, A. E.; Charles Kingsley Jr; Alexandre Kusko. **Máquinas Elétricas**. Ed. McGraw-Hill, 1975.
6. FITZGERALD, A. E.; Charles Kingsley Jr.; Stephen D. Umans. **Máquinas Elétricas**. 6ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
7. Grupo de Estudo e Desenvolvimento de Aplicações Eletrônicas. **Controle de Motores de Passo**. Disponível em: [http://br.geocities.com/gedaepage/Doc/MP\\_5fios.htm](http://br.geocities.com/gedaepage/Doc/MP_5fios.htm). Acesso: 04 de abril de 2008.
8. MARKUS, Otávio. **Circuitos Elétricos: Corrente Contínua e Corrente Alternada**. São Paulo: Érica, 2001.
9. NETO, Hugo Vieira. **Microcontroladores MCS51**. Curitiba, 2002.
10. NICOLOSI, Denys Emílio Campion. **Microcontrolador 8051 Detalhado**. São Paulo: Érica, 2000.

- 11.ROGERCOM. Disponível em: <http://www.rogercom.com.br>. Acesso: 19 de março de 2008.
- 12.SICA, Carlos. **Sistemas Automáticos com Microcontroladores 8031/8051**. São Paulo: Novatec, 2006.
- 13.THOMAZINI, Daniel; Pedro Urbano B. de A.. **Sensores Industriais**. 1ª ed. São Paulo: Érica, 2005.
- 14.TORO, Vincent Del. **Fundamentos de Máquinas Elétricas**. Rio de Janeiro: LTC, 1994.
- 15.ULN2003 Datasheet pdf - SEVEN DARLINGTON ARRAYS. Disponível: [http://www.datasheetcatalog.com/datasheets\\_pdf/U/L/N/2/ULN2003.shtml](http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/U/L/N/2/ULN2003.shtml). Acesso: 03 de maio de 2008.
- 16.ZELENOVSKY, Ricardo; Alexandre Mendonça. **Microcontroladores: Programação e Projeto com a Família 8051**. Rio de Janeiro: MZ, 2005.

## **Apêndices**

### **Apêndice A – Esquema Elétrico do Circuito da Maquete**

O esquema elétrico a seguir apresenta de forma simplificada os circuitos da estrutura montada na maquete. O arquivo foi desenvolvido no software livre Expressch, versão 4.1.2, que pode ser encontrado no seguinte endereço: <http://www.expresspcb.com>.



# Apêndices

## Apêndice B – Programa Desenvolvido na Linguagem *Assembly*

A seguir é apresentado o código com a lógica do programa desenvolvido em linguagem *Assembly*, que irá efetuar o controle da esteira rolante e variar a sua velocidade de acordo com a quantidade de acionamentos.

```
; *Aluna          : Juliana Ferreira Carrijo

; *Data           : 20/06/2008                      *

; *Programa       : PF0004_VRS4                      *

; *Finalidade     : Programa que movimenta a esteira e alterna a *
; *               : velocidade de acordo com a quantidade de *
; *               : acionamentos do botao/INT0.          *

; *-----*

; *               Definindo Variáveis Locais              *
; *-----*

CT_TEMP    EQU    R0        ;Define Contador de Tempo

CHAVE1     EQU    20H.1     ;Define o Flag1 da Lógica do Programa

CHAVE2     EQU    20H.2     ;Define o Flag2 da Lógica do Programa

CHAVE3     EQU    20H.3     ;Define o Flag3 da Lógica do Programa

; *-----*

; *               Saída do Sistema - Definindo Bobinas   *
; *-----*

BOB1       EQU    P1.0      ;Saída do I/O para a bobina 1

BOB2       EQU    P1.1      ;Saída do I/O para a bobina 2

BOB3       EQU    P1.2      ;Saída do I/O para a bobina 3

BOB4       EQU    P1.3      ;Saída do I/O para a bobina 4
```

```

; *-----*
; *                      Entrada do Sistema                      *
; *-----*

BOTA01      EQU      P3.2      ;Entrada para o botao/sensor 1 da placa
; *-----*

; *                      Inicio do Programa                      *
; *-----*

ORG 0                      ;

        LJMP  INIC          ;Inicio do programa

; *-----*

; *                      Interrupção INT0 - P3.2 / Endereço: 03h      *
; *-----*

ORG 03h                      ;Endereço de int0

        LJMP  ROT_INT0

; *-----*

; *                      Rotina de Interrupção - INT0                *
; *-----*

ROT_INT0:

        PUSH  PSW

        PUSH  ACC

        CLR   C

        INC   CT_TEMP      ;Adiciona 1 ao contador de acionamentos

        MOV   A,CT_TEMP

        CLR   C

        SUBB  A,#2

        JNC   TRATA_CHAVE3 ;Se C=0/A>=2 chama trata_chave3

        JBC   CHAVE1,TRATA_CHAVE2;Se chavel=1 chama trata-chave e zera chavel

        POP   ACC

```



```

    POP    PSW

RETI

TRATA_CHAVE2:

    SETB   CHAVE2           ;Move1 para chave2

    POP    ACC

    POP    PSW

RETI                       ;fim de interrupção

TRATA_CHAVE3:

    SETB   CHAVE3           ;Move1 para chave3

    POP    ACC

    POP    PSW

RETI                       ;fim de interrupção

; *-----*
; *                               *
; *                               *
; *-----*

INIC:

    MOV    IP,#0

    MOV    TCON,#1          ;BOTAO: FLANCO/SENSOR: NIVEL

    MOV    IE,#10000001b    ;Aciona interrupcao INT0

    MOV    SP,#24           ;Inicializa stack pointer ou 80H

    CLR    A

    CLR    C

    MOV    R2,#0

                                ;Inicializa as variáveis utilizadas no programa

    MOV    CT_TEMP,#0

    SETB   CHAVE1           ;Move 1 para chave1

    CLR    CHAVE2           ;Move 0 para chave2

    CLR    CHAVE3           ;Move 0 para chave3

```

LOOP:

JB CHAVE2,ACIONA\_MOTOR;Se chave2=1 chama aciona\_motor

JB CHAVE3,ACIONA\_MOTOR;Se chave3=1 chama aciona\_motor

SJMP LOOP

RET

; \*-----\*

; \* Lógica para acionamento do motor de passo \*

; \*Obs.: Para comparar dois números efetua a subtracao dos mesmos\*

; \*-----\*

ACIONA\_MOTOR:

CLR CHAVE2 ;Move 0 para chave2

CLR CHAVE3 ;Move 0 para chave3

MOV R2,#165

MOV A,CT\_TEMP ;Move o conteudo do contador para A

MOV CT\_TEMP,#0 ;Inicializa contador de tempo

CLR C ;Incializa o Carry

SUBB A,#2 ;Executa subtração A - 2

JNC MOTOR\_VEL2 ;Se c=0 ou cont de tempo >= 2

JC MOTOR\_VEL1 ;Senao, c=1, contado de tempo < 2

SJMP LOOP

RET

; \*-----\*

; \* Aciona Motor na Velocidade 1 \*

; \*-----\*

MOTOR\_VEL1:

ACALL ENER\_BOB1

ACALL ENER\_BOB2

ACALL DELAY1

```

ACALL ENER_BOB2

ACALL ENER_BOB3

ACALL DELAY1

ACALL ENER_BOB3

ACALL ENER_BOB4

ACALL DELAY1

ACALL ENER_BOB4

ACALL ENER_BOB1

ACALL DELAY1

DJNZ  R2,MOTOR_VEL1

SETB  CHAVE1

SJMP  LOOP

RET

; *-----*

; *           Aciona Motor na Velocidade 2

; *

; *-----*

MOTOR_VEL2:

ACALL ENER_BOB1

ACALL ENER_BOB2

ACALL DELAY2

ACALL ENER_BOB2

ACALL ENER_BOB3

ACALL DELAY2

ACALL ENER_BOB3

ACALL ENER_BOB4

ACALL DELAY2

ACALL ENER_BOB4

```

```

ACALL ENER_BOB1

ACALL DELAY2

DJNZ R2,MOTOR_VEL2

SETB CHAVE1

SJMP LOOP

RET

; *-----*
; *               Bobina 1 Energizada               *
; *-----*

ENER_BOB1:

    SETB BOB1    ;Move bit 1 para Bobina1

    CLR  BOB2    ;Move bit 0 para Bobina2

    CLR  BOB3    ;Move bit 0 para Bobina3

    CLR  BOB4    ;Move bit 0 para Bobina4

RET

; *-----*
; *               Bobina 2 Energizada               *
; *-----*

ENER_BOB2:

    CLR  BOB1    ;Move bit 0 para Bobina1

    SETB BOB2    ;Move bit 1 para Bobina2

    CLR  BOB3    ;Move bit 0 para Bobina3

    CLR  BOB4    ;Move bit 0 para Bobina4

RET

; *-----*
; *               Bobina 3 Energizada               *
; *-----*

ENER_BOB3:

```

```

CLR BOB1 ;Move bit 0 para Bobina1

CLR BOB2 ;Move bit 0 para Bobina2

SETB BOB3 ;Move bit 1 para Bobina3

CLR BOB4 ;Move bit 0 para Bobina4

RET

; *-----*
; * Bobina 4 Energizada *
; *-----*

ENER_BOB4:

CLR BOB1 ;Move bit 0 para Bobina1

CLR BOB2 ;Move bit 0 para Bobina2

CLR BOB3 ;Move bit 0 para Bobina3

SETB BOB4 ;Move bit 1 para Bobina4

RET

; *-----*
; * DELAY 1 - Gira o motor na velocidade 1 *
; *-----*

DELAY1:

MOV R1,#20

SETB TR1

DELAY_A:

CLR TF1 ;LIMPA O BIT DE ESTOURO DO TIMER 1

MOV TH1,#HIGH(65535-15000);CARREGA BASE DE TEMPO

MOV TL1,#LOW(65535-15000)

JNB TF1,$ ;AGUARDA O ESTOURO DO TIMER 1

```

```

    DJNZ    R1,DELAY_A          ;DECREMENTA R0, ACABOU?

                                ;NÃO, ENTÃO SALTA PARA DELAY_A

    CLR     TR1                 ;DESLIGA O TIMER 1

RET                                ;RETORNA DA INTERRUPÇÃO

; *-----*
; *          DELAY 2 - Gira o motor na velocidade 2          *
; *-----*

DELAY2:

    MOV R1,#10

    SETB TR1

DELAY_B:

    CLR     TF1                 ; DE ESTOURO DO TIMER 1

    MOV     TH1,#HIGH(65535-15000) ; CARREGA BASE DE TEMPO

    MOV     TL1,#LOW(65535-15000)

    JNB     TF1,$              ; AGUARDA O ESTOURO DO TIMER 1

    DJNZ    R1,DELAY_B          ; DECREMENTA R0, ACABOU?

                                ; NÃO, ENTÃO SALTA PARA DELAY_B

    CLR     TR1                 ; DESLIGA O TIMER 1

RET                                ; RETORNA DA INTERRUPÇÃO

END

```

## Apêndices

### Apêndice C – Tabela de Custos do Projeto

O projeto teve um custo total de R\$ 820,43, incluindo a mão de obra de alguns profissionais e a aquisição de todos os dispositivos utilizados na sua construção. Na Tabela C.1 são apresentados cada item adquirido e o seu respectivo custo:

**Tabela C.1 – Custos do Projeto**

<b>Nome/Descrição do Dispositivo Adquirido</b>	<b>Custo do Dispositivo</b>
Kit do microcontrolador 8051	R\$ 229,90 + R\$ 7,98 (frete) = R\$ 237,88
Fio jumper	R\$ 1,25
Fita flat	R\$ 4,50
Alojamento Modular (para confecção dos cabos)	R\$ 1,92
Terminal Modular (para confecção dos cabos)	R\$ 2,50
Resistores (4 unidades)	R\$ 0,40
Placa de Fenolite perfurada 10x10	R\$ 7,00
Placa de Fenolite 5x10	R\$ 1,00
Sugador de solda	R\$ 7,49
Kit para confecção de circuito impresso contendo: cortador de placa, caneta para traçagem, perfurador de placa e percloreto de ferro.	R\$ 26,99
Pino Banana (2 unidades)	R\$ 2,90

Conector Banana (2 unidades)	R\$ 5,00
Espaguete Termo Retrátil	R\$ 5,70
Fio cabinho	R\$ 1,20
Fita Isolante	R\$ 2,20
<i>Protoboard</i>	R\$ 17,50
Alicate de corte	R\$ 7,40
<i>Leds</i>	R\$ 0,90
CI ULN 2003 (2 unidades)	R\$ 2,00
Soquete para CI com 16 pinos	R\$ 0,40
Alicate de bico	R\$ 7,40
Solda	R\$ 4,20
Lençol de Borracha	R\$ 8,10
Placa de Fenolite 5x30	R\$ 3,00
Placa de Fenolite 5x15	R\$ 1,60
Multímetro	R\$ 30,00
Eixos (2 unidades) – Micro torneiro	R\$ 200,00
Marceneiro – 1ª montagem da maquete	R\$ 110,00
Micro Rolamentos (8 unidades)	R\$ 20,00
Marceneiro – 2ª montagem da maquete	R\$ 70,00
Engrenagens e correia dentada	R\$ 30,00
Custo total:	R\$ 820,43



## **Anexos**

### **Anexo A – Esquema Elétrico da Placa do Kit do Microcontrolador**

O esquema elétrico a seguir é referente à placa do Kit do Microcontrolador 8051 adquirida para o desenvolvimento do projeto. O arquivo foi retirado do CD do KIT 8051 LAB, fornecido pela empresa CERNE, juntamente com o Kit.

